НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Институт плодоводства

ПЛОДОВОДСТВО
FRUIT-GROWING

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ
Основан в 1971 году

Том 37

Минск
«Беларуская навука»
2025

УДК 634(082)

Плодоводство : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2025. – Т. 37. – 378 с.

В сборнике научных трудов публикуются обзорные и экспериментальные статьи, в которых представлены результаты научных исследований в области плодоводства в Беларуси и за рубежом (селекция, сортоизучение, интродукция, технология возделывания плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда, биотехнология, качество, хранение и переработка плодово-ягодной продукции и др.).

Предназначен для научных работников, преподавателей и студентов вузов сельскохозяйственного и биологического профилей, специалистов по плодоводству.

Редакционная коллегия:

А. А. Таранов – главный редактор, Н. В. Кухарчик – заместитель главного редактора,
Н. В. Хадыко – ответственный секретарь, В. А. Козлов, А. М. Криворот,
О. И. Родькин, Ж. А. Рупасова, В. В. Скорина

Editorial staff:

A. A. Taranov – Editor-in-chief, N. V. Kukharchik – Deputy editor-in-chief,
N. V. Hadyko – Responsible secretary, V. A. Kozlov, A. M. Krivorot,
O. I. Rodkin, Zh. A. Rupasova, V. V. Skorina

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор В. В. Скорина;
доктор сельскохозяйственных наук, доцент Г. И. Пискун

Сборник «Плодоводство» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований Высшей аттестационной комиссии (ВАК) Республики Беларусь и представлен в российской наукометрической базе данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ) на платформе Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU

ISSN 0134-9759

© РУП «Институт плодоводства», 2025
© Оформление. РУП «Издательский дом «Беларуская навука», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. **Плодоводство и ягодоводство в Беларуси**

Рулинская М. Е., Васеха В. В. Особенности органогенеза цветков яблони при проведении химического прореживания завязи . . . 7
Ткачёв И. В. Динамика роста двухпроводниковых саженцев яблони в зависимости от способа стимулирования кронообразования окулянтов в первом поле питомника . . . 14
Новикова О. В. Контроль сосущих вредителей двухкомпонентным препаратом Корморан, КЭ (новалурон, 100 г/л + ацетамиприд, 80 г/л) . . . 21
Марцинкевич Т. Н., Гашенко Т. А., Якимович О. А., Кондратенок Ю. Г., А. Н. Рымко. Результаты маркер-вспомогательной селекции груши в Беларуси . . . 26
Якимович О. А., Марцинкевич Т. Н. Сорта-опылители для моносортных садов груши в Беларуси . . . 36
Сидоренко Т. Н. Особенности роста корнесобственных растений груши сорта Спакуса в условиях Гомельской области . . . 42
Колбанова Е. В., Кухарчик Н. В., Божидай Т. Н. Введение в культуру *in vitro* районированных в Республике Беларусь сортов груши . . . 47
Остапчук И. Н. Введение в культуру *in vitro* и микроразмножение различных видов хеномелеса (*Chaenomeles* Lindl.) . . . 56
Борисенко М. Н., Васеха В. В. Селекция сливы домашней на крупноплодность . . . 61
Полубятко И. Г., Гашенко Т. А., Таранов А. А. Изучение генетического разнообразия сортов вишни обыкновенной с использованием SSR-маркеров . . . 66
Левшунов В. А., Драбудько Н. Н., Кузнецова А. П. Оценка зимостойкости форм подвоев и привойно-подвойных комбинаций вишни и черешни в полевых и контролируемых условиях . . . 73
Гашенко Т. А., Полубятко И. Г., Кондратенок Ю. Г., Таранов А. А. Использование молекулярно-генетического анализа для идентификации аллелей самонесовместимости сортов черешни в Беларуси . . . 82
Божидай Т. Н., Кухарчик Н. В., Колбанова Е. В. Мониторинг вирусных болезней косточковых плодовых культур в насаждениях Института плодоводства . . . 89
Зазулин А. Г., Фролова Л. В., Акуленко Е. Г. Интродукция сортов ягодных культур селекции А. И. Астахова в Беларуси . . . 97
Поух Е. В., Иванова О. С., Кобринец Т. П. Влияние спектрального состава света, янтарной и фолиевой кислот на укоренение земляники садовой (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) сорта Азия в культуре *in vitro* . . . 104
Плескацевич Р. И., Фролова Л. В. Оценка поражаемости серой гнилью плодов сортов малины летнего срока созревания в условиях Беларуси . . . 109
Радкевич Т. В., Емельянова О. В., Фролова Л. В. Агробиологические особенности ирги в условиях Республики Беларусь . . . 116
Васеха Е. В. Распространенность и вредоносность серой гнили голубики высокорослой в Беларуси . . . 122
Курлович Т. В., Азизбекян С. Г., Филипеня В. Л. Влияние некорневых обработок микроудобрением Наноплант-Со, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se, B. Ультра + Бор на урожайность, массу и сроки хранения ягод голубики . . . 129
Морозова М. Д., Кухарчик Н. В. Создание и поддержание в культуре *in vitro* коллекции сортов актинидии (*Actinidia* Lindl.) . . . 136
Васеха В. В., Чарнавокая К. А., Барысенка М. М. Выдзяленне крыніц гаспадарча карысных прыкмет фундуку . . . 144
Васеха В. В., Тычинская Л. Ю., Скаковский Е. Д., Богушевич С. Е., Остапчук И. Н. Хозяйственные особенности сортов фундука белорусской селекции и пищевая ценность орехов . . . 151
Леонович И. С., Капичникова Н. Г. Влияние различных приемов обрезки свободнорастущей веретеновидной кроны на рост и урожайность фундука . . . 162
Грушева Т. П., Левшунов В. А., Ганусенко М. Ю., Лелес С. В. Предварительное изучение влияния минерального питания на показатели развития фундука в молодом маточнике горизонтальных отводков . . . 168
Леонович И. С., Капичникова Н. Г. Влияние азота на показатели урожайности и роста фундука в условиях Беларуси . . . 175
Устинов В. Н., Новик Г. А., Криворот А. М. Лорэд – первый белорусский сорт винограда технического назначения для изготовления столового сухого вина . . . 180

Раздел 2. **Плодоводство и ягодоводство за рубежом**

Подгаецкий М. А., Евдокименко С. Н. Использование современных методов в оценке селекционного материала плодовых и ягодных культур . . . 188
Бободжанова Х. И., Ашурзода К. Влияние депонирования на пролиферацию микропобегов подвоев яблони . . . 197
Акимов М. Ю., Жбанова Е. В. Ягодные культуры как источники функциональных ингредиентов для индустрии здорового питания . . . 203
Андронова Н. В. Минеральный состав ягод сортов и отборных форм земляники садовой селекции ФГБНУ ФНЦ садоводства . . . 209
Плаксина Т. В. Влияние питательной среды на морфогенез представителей рода *Rubus* L. в культуре *in vitro* . . . 216
Евдокименко С. Н., Губогло В. И. Возможности повышения прочности плодов малины ремонтантного типа . . . 220
Бободжанова Х. И., Гашенко О. А. Адаптация *ex vitro* растений-регенерантов малины сорта Бабье лето после депонирования . . . 226
Сазонов Ф. Ф. Селекция смородины черной на устойчивость к *Cecidophyopsis ribis* в условиях юго-запада Нечерноземья России . . . 232
Маляровская В. И., Тутберидзе Ц. В., Симонян Т. А. Влияние маннита и абсцизовой кислоты на эффективность депонирования представителей *Actinidia* Lindl. при различных условиях культивирования. . . . 240
Вдовина Т. А., Лагус О. А., Айменова Ж. Е. Биологические особенности и биохимические показатели плодов калины обыкновенной (*Viburnum opulus* L.) в культуре (Алтайский ботанический сад) . . . 246
Павлова И. А. Обобщение результатов культивирования семян винограда разного происхождения в условиях *in vitro* . . . 254

Раздел 3. **Качество, хранение и переработка плодово-ягодной продукции**

Грушева Т. П., Ганусенко М. Ю., Новик Г. А., Марцинкевич Д. И. Сравнительное изучение показателей качества плодов колонновидной яблони и их сохраняемости . . . 261
Караник О. С., Марцинкевич Д. И., Криворот А. М., Новик Г. А., Максименко М. Г. Оценка предрасположенности плодов яблони промышленного сортимента к горькой ямчатости при хранении . . . 268
Марцинкевич Д. И., Караник О. С., Криворот А. М., Новик Г. А. Влияние содержания кальция и других элементов минерального питания на распространенность горькой ямчатости на плодах яблони при хранении . . . 274
Максименко М. Г., Криворот А. М., Марцинкевич Д. И., Новик Г. А., Караник О. С. Сенсорная характеристика соков из плодов яблони разного срока съема . . . 282
Рупасова Ж. А., Павловский Н. Б., Белый П. Н., Саян А. С., Ушакова А. В., Авраменко С. Н., Павловская А. Г., Ральцевич А. В. Генотипические особенности трансформации биохимического состава и антиоксидантного комплекса плодов жимолости синей в процессе хранения в обычной газовой среде при низкой положительной температуре. . . . 289
Рупасова Ж. А., Авраменко С. Н., Ушакова А. В., Саян А. С., Павловский Н. Б., Дрозд О. В., Павловская А. Г., Шпитальная Т. В., Белый П. Н. Генотипические особенности трансформации углеводного комплекса плодов *Vaccinium corymbosum* L. в процессе хранения в обычной газовой среде при низких положительных температурах. . . . 303
Новик Г. А., Криворот А. М., Караник О. С., Марцинкевич Д. И., Максименко М. Г. Оценка пригодности винограда сорта технического назначения Маршал Фош, выращенного в условиях Беларуси, для изготовления столового сухого вина . . . 309

Раздел 4. **Методики, рекомендации, технологии, технологические регламенты**

Павловский Н. Б. Технологический регламент возделывания голубики высокорослой. . . . 317

Раздел 5. **Обзоры**

Змушко А. А. Цитокинины: общие сведения и применение в культуре *in vitro*. . . . 327
Бруйло А. С., Олецкая И. Л. Физиолого-биохимическое значение отдельных элементов питания в жизнедеятельности черешни (аналитический обзор) . . . 338

Раздел 6. **Научные командировки, хроника, международное сотрудничество**

Полубятко И. Г., Устинов В. Н. Научное обеспечение отрасли плодоводства и виноградарства юга России . . . 348
Полубятко И. Г., Устинов В. Н., Пигуль М. Л. Научное обеспечение отрасли плодоводства и виноградарства Крыма. . . . 360
Бободжанова Х. И. Таджикско-белорусское сотрудничество в области плодоводства. . . . 370

CONTENTS

Section 1. **Fruit and small fruit growing in Belarus**

Rulinskaya M. E., Vasekha V. V. Features of apple flower organogenesis under chemical thinning of fruit set 7

Tkachov I. V. Growth dynamics of Bibaum® apple tree nursery plants depending on methods of shoot formation stimulation in the first year field of a nursery 14

Novikova O. V. Control of sucking pests using the two-component formulation Kormoran, EC (novaluron, 100 g/L + + acetamiprid, 80 g/L) 21

Marcinkevich T. N., Gashenko T. A., Yakimovich O. A., Kondratenok Yu. G., Rymko A. M. Results of marker-assisted pear breeding in Belarus 26

Yakimovich O. A., Marcinkevich T. N. Pollinator cultivars for monocultivar pear orchards in Belarus 36

Sidorenko T. N. Growth characteristics of own-rooted pear (*Pyrus*) plants of the Spakusa cultivar under conditions of the Gomel Region. 42

Kolbanova E. V., Kukharchik N. V., Bozhidai T. N. Introduction of zoned pear cultivars into *in vitro* culture in the Republic of Belarus 47

Ostapchuk I. N. Introduction to *in vitro* culture and micropropagation of various *Chaenomeles* species (*Chaenomeles* Lindl.) 56

Borisenko M. N., Vasekha V. V. Breeding of European plum for large fruit size 61

Polubyatko I. G., Gashenko T. A., Taranov A. A. Genetic diversity study of common cherry cultivars using SSR markers 66

Levshunov V. A., Drabudko N. N., Kuznetsova A. P. Assessment of winter hardiness in rootstock forms and scion-rootstock combinations of sour and sweet cherry under field and controlled conditions. 73

Gashenko T. A., Polubyatko I. G., Kondratenok Yu. G., Taranov A. A. Application of molecular genetic analysis for identification of self-incompatibility alleles in sweet cherry cultivars in Belarus 82

Bozhidai T. N., Kukharchik N. V., Kolbanova E. V. Monitoring of viral diseases in stone fruit crops in the orchards of the Institute of Fruit Growing 89

Zazulin A. G., Frolova L. V., Akulenko E. G. Introduction of berry cultivars selected by A. I. Astakhov in Belarus . . . 97

Poukh E. V., Ivanova O. S., Kobrinets T. P. Effect of light spectral composition, succinic and folic acids on rooting of garden strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) cultivar Asia in *in vitro* culture 104

Pleskatsevich R. I., Frolova L. V. Assessment of gray mold susceptibility in summer-fruiting raspberry cultivars under Belarusian conditions. 109

Radkevich T. V., Emelyanova O. V., Frolova L. V. Agrobiological characteristics of serviceberry under conditions of the Republic of Belarus 116

Vasekha E. V. Incidence and harmfulness of gray mold in highbush blueberry in Belarus. 122

Kurlovich T. V., Azizbekyan S. G., Filipenya V. L. Effect of foliar applications of the micronutrient nanofertilizer Nanoplant-Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se, B. Ultra + Boron on the yield, berry weight, and storage duration of highbush blueberry. 129

Morozova M. D., Kukharchik N. V. Establishment and maintenance of an *in vitro* collection of *Actinidia* (*Actinidia* Lindl.) cultivars 136

Vasekha V. V., Charnavokaya K. A., Barysenka M. M. Identification of sources of economically valuable traits in hazelnut 144

Vasekha V. V., Tychinskaya L. Yu., Skakovskiy E. D., Bogushevich S. E., Ostapchuk I. N. Agronomic characteristics of Belarusian hazelnut cultivars and the nutritional value of nuts 151

Leonovich I. S., Kapichnikova N. G. Effect of different pruning methods for a free-growing spindle-shaped crown on the growth and yield of hazelnut 162

Grusheva T. P., Levshunov V. A., Ganusenko M. Yu., Leles S. V. Preliminary study of the effect of mineral nutrition on the development indicators of hazelnut in a young layering nursery. 168

Leonovich I. S., Kapichnikova N. G. Effect of nitrogen on yield and growth indicators of hazelnut under conditions of Belarus 175

Ustinov V. N., Novik G. A., Krivorot A. M. Lored – the first Belarusian technical grape cultivar for dry table wine production. 180

Section 2. **Fruit and small fruit growing abroad**

Podgayetsky M. A., Evdokimenko S. N. Application of modern methods for the evaluation of fruit and berry breeding material . . . 188
Bobodzhanova Kh. I., Ashurzoda K. Effect of storage on the proliferation of apple rootstock microshoots . . . 197
Akimov M. Yu., Zhbanova E. V. Berry crops as sources of functional ingredients for the healthy food industry . . . 203
Andronova N. V. Mineral composition of berries from cultivars and selected forms of garden strawberry bred by the FSBSI Fruit Growing Research Center . . . 209
Plaksina T. V. Effect of nutrient medium on morphogenesis of *Rubus* L. representatives in *in vitro* culture . . . 216
Evdokimenko S. N., Guboglo V. I. Potential for improving fruit firmness in remontant raspberry . . . 220
Bobodzhanova Kh. I., Gashenko O. A. Ex vitro adaptation of raspberry regenerant plants of the Babye Leto cultivar after storage . . . 226
Sazonov F. F. Breeding blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) for resistance to *Cecidophyopsis ribis* in the southwest Non-Chernozem zone of Russia . . . 232
Malyarovskaya V. I., Tutberidze T. V., Simonyan T. A. The effect of mannitol and abscisic acid on storage efficiency of *Actinidia* Lindl. under different cultivation conditions . . . 240
Vdovina T. A., Lagus O. A., Aymenova Zh. E. Biological characteristics and biochemical parameters of fruits of the European cranberrybush – *Viburnum opulus* L. in cultivation (Altay Botanical Garden) . . . 246
Pavlova I. A. Summary of *in vitro* cultivation results of grape seeds of different origins . . . 254

Section 3. **Quality, storage and processing of fruit and small fruit products**

Grusheva T. P., Ganusenko M. Yu., Novik G. A., Marcinkevich D. I. Comparative study of the quality and storage life of columnar apple fruits . . . 261
Karanik O. S., Marcinkevich D. I., Krivorot A. M., Novik G. A., Maksimenko M. G. Assessment of the susceptibility of commercial apple fruits to bitter pit during storage . . . 268
Marcinkevich D. I., Karanik O. S., Krivorot A. M., Novik G. A. Effect of calcium content and other mineral nutrients on the incidence of bitter pit in stored apple fruits . . . 274
Maksimenko M. G., Krivorot A. M., Marcinkevich D. I., Novik G. A., Karanik O. S. Sensory characteristics of juices from apple fruits harvested at different times . . . 282
Rupasova Zh. A., Pavlovsky N. B., Bely P. N., Sayan A. S., Ushakova A. V., Avramenko S. N., Pavlovskaya A. G., Raltsevich A. V. Genotypic features of biochemical composition and antioxidant complex transformation in blue honeysuckle berries during storage under low positive temperature in normal atmospheric conditions . . . 289
Rupasova Zh. A., Avramenko S. N., Ushakova A. V., Sayan A. S., Pavlovsky N. B., Drozd O. V., Pavlovskaya A. G., Shpitalnaya T. V., Bely P. N. Genotypic features of carbohydrate complex transformation in *Vaccinium corymbosum* L. fruits during storage under normal atmospheric conditions at low positive temperatures . . . 303
Novik G. A., Krivorot A. M., Karanik O. S., Marcinkevich D. I., Maksimenko M. G. Evaluation of the suitability of the technical grape cultivar Marechal Foch grown in Belarus for the production of dry table wine . . . 309

Section 4. **Methods, recommendations, technologies, process procedures**

Pavlovsky N. B. Technological regulations for the cultivation of highbush blueberry . . . 317

Section 5. **Reviews**

Zmushko A. A. Cytokinins: general information and application in *in vitro* culture . . . 327
Bruylo A. S., Oletskaya I. L. Physiological and biochemical significance of specific nutrients in the vital functions of sweet cherry (an analytical review) . . . 338

Section 6. **Scientific missions, chronicle, international cooperation**

Polubyatko I. G., Ustinov V. N. Scientific support for the fruit and grape growing and viticulture industry in the south of Russia . . . 348
Polubyatko I. G., Ustinov V. N., Pigul M. L. Scientific support for the fruit and grape growing and viticulture sector of the Crimea . . . 360
Bobodzhanova Kh. I. Tajik-Belarusian cooperation in the field of fruit growing . . . 370

Раздел 1

ПЛОДОВОДСТВО И ЯГОДОВОДСТВО В БЕЛАРУСИ

УДК 634.11:631.526.32:631.811.98

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНОГЕНЕЗА ЦВЕТКОВ ЯБЛОНИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ХИМИЧЕСКОГО ПРОРЕЖИВАНИЯ ЗАВЯЗИ

М. Е. РУЛИНСКАЯ[1], В. В. ВАСЕХА[2]

[1]РУП «Гродненский зональный институт растениеводства Национальной академии наук Беларуси», ул. Академическая, 21, г. Щучин, Гродненская область, 231513, Беларусь, e-mail: marina.oreshko.91@mail.ru
[2]РУП «Институт плодоводства», ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь, e-mail: witalmin@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты наблюдений за процессом дифференциации плодовых почек в 2021–2023 гг. в условиях Гродненской области в вариантах ежегодного проведения химического прореживания завязи на сортах Алеся и Арнабель и без использования регулирующих мероприятий. Установлено, что минимальная сумма эффективных температур выше +5 °С от начала вегетации деревьев, необходимая для начала процесса дифференциации цветка коммерческих сортов яблони в условиях западной части Беларуси, составила 892,0 °С (2021 г.). В течение периода наблюдений было отмечено, что в годы с повышенным температурным режимом в первой половине вегетации начало органогенеза цветка наступало в более поздние сроки. Отличий между вариантами с применением химического прореживания и без него в сроках наступления первых трех этапов дифференциации цветка не выявлено в первые два года нормирования урожая. На третий год проведения мероприятий по химическому прореживанию завязи на обоих сортах наблюдалось опережение сроков прохождения всех этапов морфогенеза плодовых почек на 2–8 дней.

Ключевые слова: яблоня, сорт, органогенез, фенология, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Потенциал продуктивности плодовых культур, в том числе яблони, начинает закладываться в летние месяцы предшествующего года. Формирование урожая происходит поэтапно от органогенеза цветка до зрелых плодов. Реализация потенциала продуктивности зависит от воздействия биотических и абиотических факторов (зимние морозы, колебания температуры, весенние заморозки, засуха, иссушающие ветры, повреждения болезнями и вредителями и т. д.), которые в значительной степени влияют на урожай. Добиться максимальной продуктивности с высоким качеством плодов возможно за счет применения на практике знаний о репродуктивных особенностях сортов яблони, полученных на основе морфофизиологического анализа [1, 2]. Знание этапов органогенеза цветка и условий их прохождения позволяет наблюдать на каждом этапе формирование и редукцию элементов продуктивности (генеративных побегов, цветков, плодов), выявить морфологические и физиологические закономерности формирования урожая в каждом из звеньев этого сложного процесса [3, 4].

Жизнедеятельность деревьев яблони связана с появлением и развитием отдельных органов – побегов, ветвей, цветков и плодов, которые появляются, развиваются и умирают неодновременно. По мнению И. С. Исаевой, этот процесс развития зависит, с одной стороны, от пищевого

и гормонального баланса растений, а с другой стороны – от специфических особенностей отдельных сортов яблони [2].

Рядом исследователей установлено, что у разных по возрасту деревьев генеративные почки образуются не в одинаковой степени. У молодых деревьев яблони только часть точек роста превращается в цветочные почки, остальные – остаются вегетативными. Явление чрезмерного образования генеративных почек характерно для взрослых деревьев яблони, поскольку у плодоносящих деревьев с возрастом увеличивается доля плодовых образований, в частности, кольчаток, что и приводит к обильной закладке цветковых почек. В связи с этим необходимо проводить систематический контроль за процессом закладки и дифференциации цветковых почек в зимне-весенний период с последующей оценкой степени плодовой нагрузки деревьев [4, 5].

У плодоносящего дерева любая вегетативная почка может изменить процесс развития и превратиться в генеративную. На переходы почек из одного состояния в другое оказывают как внешние условия, так и питание дерева. Закладка цветковых почек начинается летом при уменьшении поступательного прироста этого года. Окончательное развитие внутренних органов цветка заканчивается весной следующего года. Сроки начала и окончания дифференциации зависят от погодных условий, силы роста вегетативных частей, питания плодового дерева, сортовых особенностей, подвоя [2, 4, 5].

Данное исследование было направлено на изучение процессов, связанных с онтогенезом генеративной сферы яблони при условии ежегодного проведения мероприятий по химическому прореживанию завязи яблони.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в саду РУП «Гродненский зональный институт растениеводства НАН Беларуси» в 2021–2023 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая с глубины 0,7 м моренным суглинком. Агротехническая характеристика пахотного слоя: pH 5,0–5,1, гумус – 1,61 %, содержание P_2O_5 – 279–322 мг/кг почвы, K_2O – 191–226 мг/кг почвы.

Объектом исследований являлись сорта яблони Алеся и Арнабель, посадка – 2012 г. Схема посадки – 4,5 × 2,0 м с плотностью 1111 дер/га, подвой – М7. Содержание междурядий – естественное залужение, в рядах – гербицидный пар. Защита от болезней и вредителей проводилась исходя из требований и рекомендаций, изложенных в регламенте по возделыванию яблони [6].

Для сравнительного анализа на каждом сорте были выбраны контроль (без обработки) и вариант с применением препарата ХЭФК (этефон, 480 г/л) в дозе 0,24 л/га. Срок внесения – через 3 дня после опадения 80 % лепестков в период формирования завязи (фаза 67 *BBCH*). Повторность опытов четырехкратная, одна повторность – 3 дерева. Для мониторинга прохождения процесса формирования зачатков цветка начиная с июня проводился отбор проб и просмотр под микроскопом срезов генеративных почек. Пробы брали с кольчаток, находящихся в разных частях кроны, по 10 почек от каждого сорта яблони. За период наблюдений (2021–2023 гг.) все изучаемые сорта характеризовались обильным цветением, что позволило осуществить опыт по регулированию генеративной сферы яблони (количество завязи) путем химического прореживания с целью изучения этапов органогенеза цветков яблони в полном объеме.

Учеты и наблюдения проводили согласно «Генетическим основам и методике селекции плодовых культур и винограда» (Минск, 2019), принимая во внимание методические подходы, изложенные в книге «Морфогенез плодовых растений» (Ленинград, 1984) [4, 7]. Фенологические стадии растений определяли в соответствии с расширенной шкалой *BBCH* (Кведлинбург, 2018) [8].

Гидротермический коэффициент (ГТК) Г. Т. Селянинова вычисляли по формуле:

$$ГТК = \Sigma r / 0{,}1\ \Sigma t,$$

где Σr – сумма осадков за конкретный период (мм); Σt – сумма температур за этот же период (°С).

ГТК характеризует степень увлажнения изучаемого периода: больше 1,60 – влажный период; 1,60–1,30 – оптимальный; 1,29–1,00 – слабозасушливый; 0,99–0,70 – засушливый; 0,69–0,40 – очень засушливый; 0,39–0,20 – сухой; 0,19 и меньше – очень сухой.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно данным И. С. Исаевой (1974), на сроки начала дифференциации генеративных почек плодовых культур существенно влияет целый ряд климатических факторов – прежде всего температура и осадки, и, как правило, данный процесс сопряжен не только с наступлением фазы окончания роста побегов, но и установлением среднесуточной температуры воздуха на уровне +18…+20 °С [2]. Данные по изучению особенностей органогенеза генеративных почек персика в условиях Минской области также подтверждают комплексное воздействие двух климатических факторов – температуры и влагообеспеченности на формирование зачатков цветка [9, 10].

За годы проведенных наблюдений разницы между изучаемыми сортами и вариантами опыта в сроках начала органогенеза цветка выявлено не было. Установлено, что минимальная сумма эффективных температур выше +5 °С от начала вегетации деревьев, необходимая для начала процесса дифференциации цветка коммерческих сортов яблони в условиях Гродненской области, составила 892,0 °С в 2021 г. при начале распускания почек (01 *BBCH*), отмеченном 1 апреля. В целом сроки начала вегетации не сильно отличались по годам наблюдений – от 1 до 5 апреля (табл. 1).

Таблица 1. **Климатические особенности вегетационного периода до начала дифференциации генеративных почек яблони**

Годы наблюдений	Период от фазы 01 *BBCH* до начала дифференциации генеративных почек			Период от фазы 60 *BBCH* до начала дифференциации генеративных почек		
	продолжительность, дни	$\Sigma t_{эф \geq +5\ °C}$	ГТК	продолжительность, дни	$\Sigma t_{эф \geq +5\ °C}$	ГТК
2021	100	892,0	1,97	56	720,6	1,48
2022	108	896,5	2,38	62	752,1	2,12
2023	103	950,3	1,52	67	804,2	1,51

Продолжительность периода от фазы 01 *BBCH* до начала дифференциации генеративных почек во многом была сопряжена с обеспеченностью влагой и теплом. При высоком значении гидротермического коэффициента и жаркой погоде со среднесуточными температурами выше среднемноголетнего значения морфогенез генеративных почек начинался позже, как и фаза окончания роста однолетних побегов и закладки верхушечной почки.

В период от начала цветения до начала дифференциации генеративных почек более значимое влияние на сроки начала органогенеза цветка оказывал температурный фактор. Так, в 2023 г. при ГТК, близком к норме, высокие значения среднесуточной температуры воздуха в середине периода вегетации и как следствие максимальное значение $\Sigma t_{эф \geq +5\ °C}$ за годы исследований привели к удлинению периода между фазой 60 *BBCH* и формированием в генеративных почках конуса нарастания в виде полусферических бугорков с последующим его вытягиванием (этап I дифференциации). Если анализировать значение среднесуточной температуры воздуха в данный отрезок вегетации, то при более высоких ее значениях, при условии достаточного выпадения осадков, сроки наступления начала формирования цветка относительно фазы 60 *BBCH* оказывались более ранними. Данная взаимосвязь была представлена логарифмической моделью при $R^2 = 0{,}9926$, значимость $F < 0{,}05$ (рис. 1). Логарифмическая модель была выбрана за счет самого высокого коэффициента детерминации, при других типах моделей данный показатель составил: экспоненциальная модель – $R^2 = 0{,}9891$; линейная модель – $R^2 = 0{,}9907$; степенная модель – $R^2 = 0{,}9876$.

В течение периода изучения было отмечено, что в год с самой жаркой погодой весной и летом начало органогенеза цветка наступало в более поздние сроки. При условии близких значений уровня влагообеспеченности в первой половине вегетации сроки начала формирования нового цветка по годам наблюдений отличались незначительно.

В результате полученных экспериментальных данных отмечено, что в погодных условиях 2021 г. начало морфогенеза генеративных почек у сортов яблони Алеся и Арнабель отмечено 9 июля – образование на продольном срезе почек конуса нарастания полусферической формы (табл. 2).

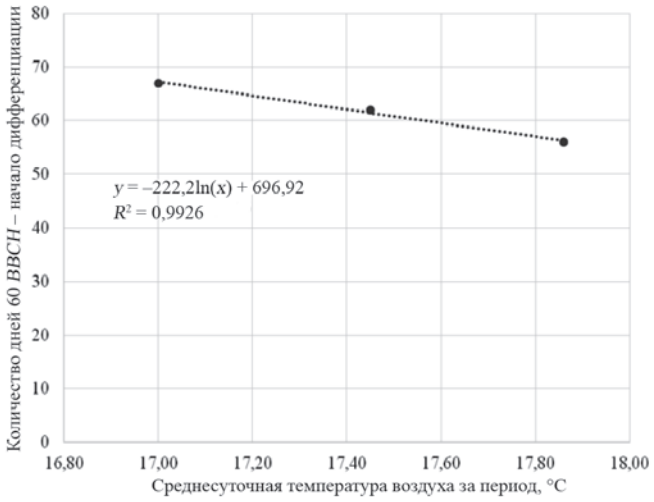
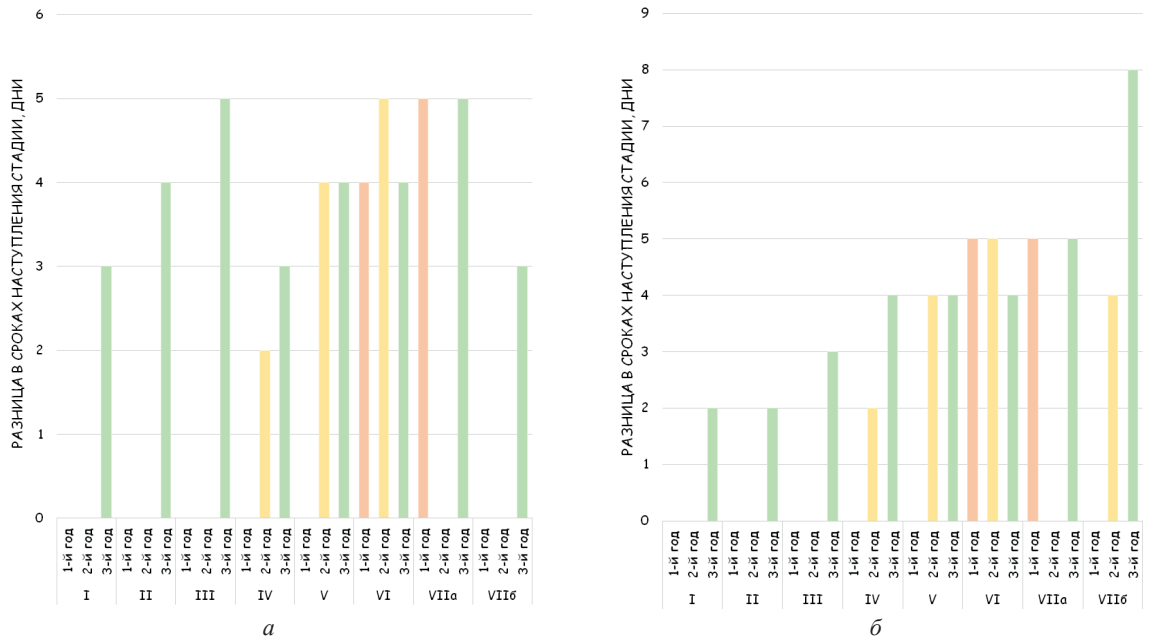


Рис. 1. Логарифмическая модель взаимосвязи между количеством дней от фазы 60 *BBCH* до начала дифференциации генеративных почек и среднесуточной температурой воздуха за данный период

Таблица 2. **Сроки наступления стадий морфогенеза генеративных почек сортов яблони Алеся и Арнабель, 2021–2023 гг.**

Стадии морфогенеза	Варианты	Алеся			Арнабель		
		2021	2022	2023	2021	2022	2023
I	Контроль	09.07	18.07	14.07	09.07	20.07	16.07
	Прореживание	09.07	18.07	11.07	09.07	20.07	14.07
II	Контроль	23.07	28.07	26.07	23.07	28.07	28.07
	Прореживание	23.07	28.07	22.07	23.07	28.07	26.07
III	Контроль	06.08	15.08	15.08	06.08	15.08	18.08
	Прореживание	06.08	15.08	10.08	06.08	15.08	15.08
IV	Контроль	12.08	02.09	31.08	12.08	02.09	04.09
	Прореживание	12.08	31.08	28.08	12.08	31.08	31.08
V	Контроль	27.08	19.09	08.09	01.09	19.09	12.09
	Прореживание	27.08	15.09	04.09	01.09	15.09	08.09
VI	Контроль	10.09	28.09	16.09	15.09	28.09	20.09
	Прореживание	06.09	23.09	12.09	10.09	23.09	16.09
VIIа	Контроль	07.10	30.09	25.09	12.10	03.10	25.09
	Прореживание	02.10	30.09	20.09	07.10	03.10	20.09
VIIб	Контроль	27.10	10.10	18.10	01.11	14.10	28.10
	Прореживание	27.10	10.10	15.10	01.11	14.10	20.10

У изучаемых сортов на первых пяти этапах органогенеза цветка в условиях 2021 г. в контрольном варианте и в опыте с химическим прореживанием завязи существенных отличий в сроках наступления стадий дифференциации не выявлено. Различия обнаружены начиная с VI этапа – от образования углубления в центральной части формирующегося бутона и появления на внутренней стенке чашечки закладывающихся бугорков – будущих лепестков. При этом в условиях 2022 г. в варианте с применением прореживания завязи отличия в сроках наступления стадий дифференциации наблюдались с IV этапа – разница составила 2 дня. Отличительные особенности в прохождении I этапа морфогенеза генеративных почек между вариантами без нормировки завязи и с ее применением зафиксированы и на 3-й год применения препарата ХЭФК – в 2023 г. На наш взгляд, это обусловлено накопительным эффектом от действия препаратов, прореживающих завязь, из-за изменения баланса питательных веществ в силу уменьшения нагрузки количеством завязи на один пункт плодоношения. В изучаемых вариантах с нормировкой данный этап наступил на 3 дня раньше – 11.07–14.07, при этом в контрольном варианте – 14.07–16.07 (рис. 2).



а *б*

Рис. 2. Разница в сроках (дни) начала наступления стадий морфогенеза генеративных почек у сортов яблони Алеся (*а*) и Арнабель (*б*) при ежегодном прореживании завязи в течение 2021–2023 гг. по сравнению с контролем

По нашим наблюдениям, при ежегодном внесении препаратов, направленных на нормировку урожая, на протяжении трех лет закладка тычинок и развитие зачатков будущего пестика (этап VI) у сортов Алеся и Арнабель в контрольном варианте происходит на 4–5 дней позже, чем в опытном варианте с применением прореживателя (06.09, 10.09, 12.09, 16.09, 23.09). Отличия в сроках наступления VIIа этапа образования цветка, когда под каждым из зачатков пестика, ниже дна чашечки, видна формирующаяся удлиненная полость, в которой в будущем разовьется семяпочка, с опережением в 5 дней с применением прореживания завязи отмечены в условиях 2021 и 2023 гг. Наступление VIIб этапа в изучаемых вариантах опыта у сорта Алеся, когда наблюдали увеличение размеров зачатка пестика с образованием полости, в условиях 2021 г. отмечено 27 октября, а в условиях 2022 г. – с опережением на 17 дней (10 октября). В условиях 2021 г. у сорта Арнабель (этап VIIб) зафиксирован 1 ноября в обоих вариантах опыта, в 2022 г. – 14 октября. При этом в условиях 3-го года внесения препарата данный этап наступил с опережением на 8 дней (20 октября) по сравнению с контролем.

При изучении наступления стадий морфогенеза плодовых почек яблони на протяжении 2021–2022 гг. отличий в сроках наступления стадий дифференциации на первых трех этапах не выявлено. Различия в сроках прохождения этапов морфогенеза (I–VIIб) обнаружены в период 2023 г.

В 1-й год внесения препаратов (2021 г.) у сорта Алеся разница составила 4 дня в период наступления V и VI этапов морфогенеза. У сорта Арнабель ускорение сроков органогенеза по сравнению с контролем отмечено с момента формирования бугорков тычинок (VI этап) с опережением в 5 дней и продолжилось до образования удлиненной полости (VII этап). При этом в условиях 2022 г. (2-й год внесения препаратов) существенных отличий не наблюдалось до наступления IV этапа формирования бутона. Так, у сорта Арнабель ускорение сроков органогенеза с опережением в 2 дня по сравнению с контролем отмечено с момента образования валика на вершине цилиндра (IV этап). Опережение сроков продолжилось до формирования бугорков тычинок (VI этап).

Наблюдения в условиях 3-го года применения химического прореживания показали разницу в сроках наступления всех этапов органогенеза по сравнению с контрольным вариантом. В результате полученных экспериментальных данных отмечено, что сроки наступления уже I–III этапа морфогенеза генеративных почек в зависимости от сорта наступали на 2–5 дней рань-

ше. Если более раннее прохождение этапов формирования будущих лепестков, закладки тычинок и зачатков будущего пестика (этапы V–VI) отмечалось ежегодно на фоне применения препарата ХЭФК, то на 3-й год у сортов Алеся и Арнабель при нормировании завязи отмечено на 3–8 дней опережение наступления и более продвинутых стадий морфогенеза цветка, связанных с развитием пестика и семяпочки (VIIа–VIIб).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За 2021–2023 гг. проведенных наблюдений установлено, что минимальная сумма эффективных температур выше +5 °С от начала вегетации деревьев, необходимая для начала процесса дифференциации цветка коммерческих сортов яблони в условиях Гродненской области, варьировала в пределах 892,0–950,3 °С и в зависимости от календарного года приходилась на 9–20 июля.

Определено, что в условиях, характеризующихся избыточным увлажнением на фоне жаркой погоды со среднесуточными температурами выше среднемноголетнего значения, морфогенез генеративных почек на изучаемых сортах начинался позже. Однако при близком к оптимальному значению среднесуточной температуры воздуха в период вегетации от начала цветения до начала органогенеза генеративных почек наблюдается обратная взаимосвязь – при более высоких значениях среднесуточной температуры, при условии достаточного уровня влагообеспеченности, сроки наступления начала формирования цветка относительно фазы 60 *BBCH* оказывались более ранними, что представлено логарифмической моделью взаимосвязи между данными факторами: $y = -222{,}2\ln(x) + 696{,}92$.

Выявлены особенности прохождения этапов дифференциации генеративных почек у яблони сортов Алеся и Арнабель при применении химического прореживания завязи. Установлено, что в первые два года применения препарата ХЭФК, начиная с IV этапа органогенеза цветка, отмечаются более ранние сроки начала дифференциации по сравнению с контрольным вариантом. На 3-й год проведения мероприятий по химическому прореживанию на обоих сортах наблюдалось опережение сроков прохождения всех этапов морфогенеза плодовых почек на 2–8 дней, что необходимо учитывать при разработке плана агротехнических мероприятий по уходу за насаждениями и, прежде всего, системы питания в течение периода вегетации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Григорьева, Л. В. Нормирование нагрузки деревьев яблони плодами в садах на слаборослых подвоях / Л. В. Григорьева // Вестник МичГАУ. – 2010. – № 2. – С. 21–24.

2. Исаева, И. С. Морфофизиология плодовых растений : курс лекций / И. С. Исаева ; под ред. д-ра биол. наук, проф. Ф. М. Куперман ; М-во высш. и сред. спец. образования СССР, Науч.-метод. кабинет по заоч. и вечер. обучению Моск. гос. ун-та им. М. В. Ломоносова. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1974. – 135 с.

3. Дорошенко, Т. Н. Перспективы применения физиологически активных веществ в современных технологиях возделывания яблони / Т. Н. Дорошенко, Д. В. Максимцов // Пути повышения эффективности садоводства : сб. науч. тр. Гос. Никит. ботан. сада / Гос. Никит. ботан. сад ; редкол.: Ю. В. Плугатарь (гл. ред.) [и др.] ; под общ. ред. А. В. Смыкова. – Крым, 2027. – Т. 144. – Ч. II. – С. 18–21.

4. Витковский, В. Л. Морфогенез плодовых растений / В. Л. Витковский. – Л. : Колос, 1984. – 205 с.

5. Исаева, И. С. Органогенез различных типов побегов у яблони в связи с их продуктивностью / И. С. Исаева // Биология и селекция яблони ; под ред. С. И. Исаева. – М., 1976. – С. 191–212.

6. Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посадочного материала : сб. отраслевых регламентов / НАН Беларуси, Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси ; рук. разраб.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2010. – 520 с.

7. Генетические основы и методика селекции плодовых культур и винограда / З. А. Козловская, С. А. Ярмолич, О. А. Якимович [и др.] ; под общ. ред. З. А. Козловской. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 249 с.

8. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants: BBCH Monograph / Julius Kühn-Institut (JKI) ; ed. U. Meier. – Quedlinburg, 2018. – 204 p.

9. Васеха, В. В. Биологические особенности органогенеза генеративных почек персика и отбор адаптивных сортов в условиях центральной зоны плодоводства Беларуси / В. В. Васеха // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 3. – С. 71–75.

10. Гадавы цыкл дыферэнцыяцыі зачаткаў кветак персіка пасля суровай зімы 2020–2021 гг. / В. В. Васеха, В. А. Мацвееў, М. М. Барысенка, К. А. Чарнавокая // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – Т. 34. – С. 82–89.

FEATURES OF APPLE FLOWER ORGANOGENESIS UNDER CHEMICAL THINNING OF FRUIT SET

M. E. RULINSKAYA, V. V. VASEKHA

Abstract

This article presents the results of observations on flower bud differentiation conducted in 2021–2023 in the Grodno Region under annual chemical thinning treatments of fruit set in the apple cultivars Alesya and Arnabel, compared with untreated controls. It was established that the minimum sum of effective temperatures above +5 °C required to initiate flower differentiation in commercial apple cultivars in western Belarus was 892.0 °C (in 2021). During the observation period, it was noted that in years with elevated temperatures in the first half of the growing season, flower organogenesis began at later dates. No differences in the timing of the first three stages of flower differentiation were observed between the chemical thinning and control variants during the first two years of fruit load regulation. However, in the third year of chemical thinning treatments, earlier progression through all stages of flower bud morphogenesis (by 2–8 days) was recorded in both cultivars.

Keywords: apple, cultivar, organogenesis, phenology, Belarus.

Поступила в редакцию 21.02.2025

УДК 634.11:631.526.32:634.1.03:631.541.3:631.811.98

ДИНАМИКА РОСТА ДВУХПРОВОДНИКОВЫХ САЖЕНЦЕВ ЯБЛОНИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА СТИМУЛИРОВАНИЯ КРОНООБРАЗОВАНИЯ ОКУЛЯНТОВ В ПЕРВОМ ПОЛЕ ПИТОМНИКА

И. В. ТКАЧЁВ

УО «Жиличский государственный сельскохозяйственный колледж»,
аг. Жиличи, Кировский район, Могилёвская область, Беларусь,
e-mail: zgsk-priemnaya@edu.by

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты наблюдений за динамикой роста посадочного материала нового типа – двухпроводниковых саженцев яблони. Проведенные исследования показали, что наибольшее и пролонгированное влияние на динамику роста и высоту саженцев имел препарат Регалис. Удаление точки роста приводило к временной остановке или замедлению роста в течение одной декады, в дальнейшем окуляны восстанавливали скорость роста наравне с контрольным вариантом. Двукратная прищипка апикальных листочков, а также обработка окулянтов препаратом Арболин существенного влияния на динамику роста не оказали.

Ключевые слова: яблоня, питомник, двухпроводниковый саженец, динамика роста, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Современное плодоводство неразрывно связано с постоянной интенсификацией технологии возделывания плодовых культур. Основным направлением интенсификации является увеличение плотности посадки, что достигается с помощью использования слаборослых подвоев, применения компактных типов крон и регуляторов роста.

С другой стороны, по мере увеличения количества деревьев на гектаре, все большее значение приобретают недостатки такого подхода. Увеличение плотности посадки приводит к росту затрат на приобретение саженцев, а прибавка урожая от каждого дополнительного дерева, наоборот, снижается. Использование компактных типов крон требует значительных затрат ручного труда [1, 2]. В связи с этим большое значение приобретают новые приемы уменьшения высоты и снижения объема крон.

Также возрастают требования к качеству посадочного материала. Для закладки интенсивного сада наибольшим спросом пользуются саженцы с несколькими боковыми побегами и плодовыми почками, которые дают первый урожай в год посадки.

Среди европейских садоводов в последние годы большую популярность имеет новая формировка кроны Bibaum®, запатентованная итальянской компанией Vivai Mazzoni [2–5]. Данная формировка является дальнейшим развитием вертикального кордона. Саженцы Bibaum® имеют два одинаковых по высоте и диаметру центральных проводника (лидера) с 3–4 разветвлениями длиной 15–20 см, каждое из которых заканчивается генеративной почкой [2].

Двухпроводниковые саженцы имеют некоторые преимущества по сравнению с обычными однопроводниковыми. Ряд зарубежных исследователей указывает на то, что формировка Bibaum® позволяет снизить высоту и объем кроны, также у двухпроводниковых деревьев увеличивается количество обрастающих ветвей, но их суммарная длина меньше по сравнению со стандартными однопроводниковыми. Использование саженцев нового типа для закладки сада в дальнейшем упрощает обрезку и формирование плодовой стены [1–9].

В Республике Беларусь разработан технологический регламент производства однолетних однопроводниковых кронированных саженцев плодовых культур [10].

Научные исследования относительно получения двухпроводниковых саженцев были проведены на колонновидных сортах яблони, однако на сортах яблони обычного типа такие исследования не проводились, что определило актуальность работы [11].

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на опытном участке УО «Жиличский государственный сельскохозяйственный колледж» в 2023–2024 гг. Опытный участок расположен в восточной области третьей агроклиматической зоны [12]. Почва участка дерново-подзолистая, супесчаная, подстилаемая моренным суглинком. Содержание гумуса – 3,34 %, P_2O_5 – 219,0 мг/кг, K_2O – 245,5 мг/кг, pH (KCl) – 5,60. Схема посадки – 1,0 × 0,4 м. Повторность опыта трехкратная, по 75 растений в варианте.

Объектами исследования являлись сорта яблони Алеся, Арнабель, Гирлянда и Весяліна, привитые на подвоях 54-118.

Гирлянда [(224-18 (SR 0523 × Важак) × 22-34-95 (814 × ПА-29-1-163)] – сорт I типа плодоношения, позднего срока созревания, зимостойкий, иммунный к парше. Деревья среднерослые. Плоды средней массы (130 г), мякоть плодов зеленоватая, средней плотности. Покровная окраска на большей части плода размытая, темно-красного цвета. Плоды способны сохраняться до февраля [13].

Алеся (Белорусское малиновое × Банановое) – сорт относится к II типу плодоношения, высокозимостойкий, позднего срока созревания, обладает высокой полигенной устойчивостью к парше. Деревья средней силы роста. Плоды одномерные, средней или выше средней величины. Основная окраска в момент съемной зрелости зеленоватая, покровная – по большей части плода размытая, красная; в состоянии потребительской зрелости окраска золотисто-желтая с ярко-красным размытым румянцем почти по всей поверхности плода. Мякоть плодов светло-кремовая, сочная, мелкозернистая, плотная со средним ароматом. Потребительский период продолжается с ноября до середины мая. В государственный реестр сортов включен в 1999 г.

Весяліна [59-13/27 (Джойс × Уэлси) × 58-3/13 (Бабушкино × Лавфам)] – сорт характеризуется III типом плодоношения. Деревья средней силы роста. Сорт зимостойкий, обладает высокой полигенной устойчивостью к парше. Плоды крупные или выше средней величины, основная окраска кожицы в состоянии потребительской зрелости светло-зеленая, покровная – пурпурная с фиолетовым оттенком по всему плоду в виде размытого румянца. Мякоть белая, розовая у кожицы, средней плотности, очень сочная, мелкозернистая. Потребительский период продолжается с декабря по начало марта. В государственный реестр сортов включен в 2004 г. [14–16].

В 2024 г. в опыт включен сорт Арнабель (Keepsake × Northern Spy) – дерево средней силы роста. Плоды крупные (средняя масса – 170 г), округло-конической формы. Кожица гладкая, тонкая. Основная окраска зеленая, покровная – с красными полосками по всему плоду. Мякоть белая, очень сочная, хрустящая, сладкая. Сорт среднеустойчив к парше и неустойчив к мучнистой росе. Срок потребления: октябрь – февраль. В государственный реестр сортов включен в 2014 г.

Подвой 54-118 (B9, привитый на M3 × № 13-14) – полукарликовый, зимостойкость высокая, не поражается мучнистой росой и относительно устойчив к парше. Обеспечивает хорошее закрепление в почве. В государственный реестр сортов включен в 1999 г.

Предметом исследований служили показатели роста однолетних саженцев. В опыте изучали следующие варианты:

1) без кронирования (контроль);

2) удаление точки роста при достижении высоты окулянтов 65–70 см;

3) двукратная прищипка апикальных листочков без повреждения точки роста при достижении высоты окулянтов 65–70 см (I – начало II декады июля);

4) однократная обработка окулянтов препаратом Регалис (в дозе 2,5 кг/га) при достижении высоты растений 65–70 см.

В 2024 г. в опыт был добавлен еще один вариант:

5) однократная обработка окулянтов препаратом Арболин (в дозе 18 г/л воды) при достижении высоты растений 65–70 см.

Все подвои в опыте были привиты двумя почками с противоположных сторон подвоя в направлении ряда на высоте 20 см от уровня почвы.

Цель работы заключалась в выявлении особенностей сезонного роста двухпроводниковых саженцев яблони.

Учеты и наблюдения проводили согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Орёл, 1999) и «Методике изучения клоновых подвоев в Прибалтийских республиках» [17, 18].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В течение вегетационного периода проводили наблюдения за динамикой роста окулянтов. Высоту измеряли не реже одного раза в 15 дней в период интенсивного роста. Замеры высоты осуществляли от места окулировки до верхушки окулянта. Наблюдения показали, что различные приемы стимулирования кронообразования по-разному отразились на скорости роста окулянтов.

Динамика роста окулянтов в 2023 г. В 2023 г. первая волна роста окулянтов пришлась на II декаду июня (16–21 июня). Скорость роста окулянтов яблони в высоту в этот период составила у сорта Алеся – 0,7–2,1 см/сут, Весяліна – 0,9–2,2 см/сут и у сорта Гирлянда – 0,8–1,1 см/сут (табл. 1).

Таблица 1. **Высота окулянтов на подвое 54-118 в 2023 г. в зависимости от способа стимулирования кронообразования, см**

Вариант	Дата измерения									
	07.06	16.06	21.06	27.06	04.07	10.07	15.07	03.08	10.08	13.10
Алеся										
1 (к.)	58,9	64,6	71,2	77,7	83,5	89,5	91,5	96,5	98,2	100,4
2	57,3	63,9	67,5	72,7	72,7	78,1	78,2	82,4	86,1	86,5
3	54,8	60,6	71,0	74,7	77,2	77,9	79,6	92,8	95,3	96,4
4	51,4	58,9	62,5	70,0	71,7	73,2	73,6	83,5	84,9	90,7
Весяліна										
1 (к.)	60,0	67,6	78,6	82,5	88,1	89,9	92,8	101,8	102,6	103,1
2	54,9	64,7	66,9	68,5	72,6	72,4	74,5	79,5	81,3	82,8
3	61,4	69,6	73,4	79,4	82,2	87,6	87,8	90,9	95,7	98,1
4	53,8	65,7	67,2	69,4	72,8	74,2	74,9	79,5	79,8	80,5
Гирлянда										
1 (к.)	39,9	43,7	48,8	50,9	54,1	54,6	55,5	56,7	57,5	58,5
2	38,6	44,0	49,7	50,6	54,4	57,2	57,2	57,8	58,0	61,3
3	38,7	46,4	50,5	52,5	57,5	59,3	60,0	63,1	65,4	66,9
4	39,0	44,3	48,4	49,8	53,4	55,9	56,6	56,9	57,7	57,7

При достижении окулянтами высоты 65–70 см были проведены операции, стимулирующие ветвление, и в дальнейшем динамика роста имела значительные отличия между вариантами.

В связи с тем, что растения колонновидного сорта Гирлянда имеют укороченные междоузлия и наименьшую высоту по сравнению с другими сортами, к I декаде июля окулянты данного сорта не достигали необходимой высоты (65–70 см), поэтому все операции с ними проводили одновременно с другими изучаемыми сортами.

У сортов Алеся и Весяліна в контрольном варианте в I декаде июля отмечена достаточно высокая скорость роста (Алеся – 0,83–1,00 см/сут с 27 июня по 10 июля, Весяліна – 0,8 см/сут с 27 июня по 4 июля).

Удаление точки роста на высоте 65–70 см привело к остановке роста у сортов Алеся (27 июня – 4 июля) и Гирлянда (10–15 июля), а также небольшому снижению роста (за счет удаления части побега) у сорта Весяліна (4–10 июля).

Удаление апикальных листочков привело к замедлению роста у сорта Алеся (0,36–0,62 см/сут с 21 июня по 4 июля), в то время как в контрольном варианте в этот период скорость роста составила 0,83–1,08 см/сут. У сорта Весяліна во время прищипки сохранялся интенсивный рост (1,0 см/сут с 21 по 27 июня), в контрольном варианте – 0,65 см/сут. У сорта Гирлянда скорость роста

с 10 по 15 июля после удаления апикальных листочков составила 0,14 см/сут (в контрольном варианте – 0,18 см/сут).

Применение препарата Регалис также привело к замедлению роста окулянтов в сравнении с контролем с I по II декаду июля. У сорта Алеся скорость роста в сравнении с контрольным вариантом составила 29,3 % в I декаде июля и далее снизилась до 20,0 % в II декаде июля. У сорта Весяліна также произошло снижение интенсивности роста (с 77,8 до 24,0 % в сравнении с контролем). У сорта Гирлянда снижение скорости роста составило с 77,8 до 25,0 % в сравнении с контрольным вариантом.

Динамика роста окулянтов (на примере сорта Алеся) отражена в виде графика на рис. 1. Наибольшую итоговую высоту имели саженцы в контрольном варианте (100,4 см). Прищипка апикальных листочков в наименьшей степени привела к снижению высоты растений, а растения в вариантах с удалением точки роста и применением Регалиса имели наименьшую высоту.

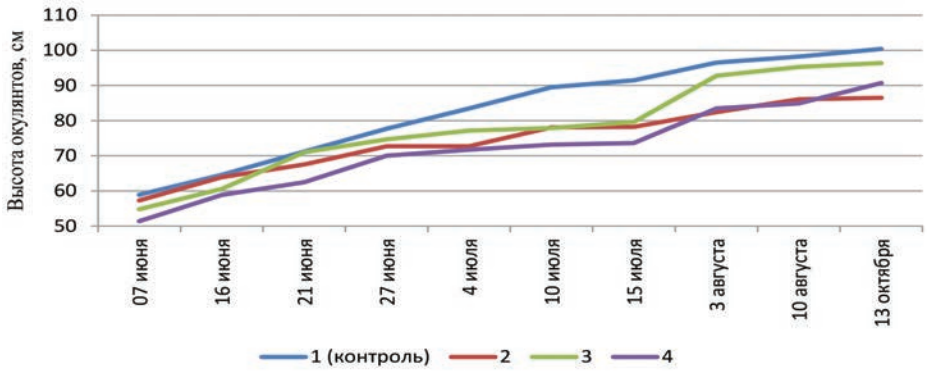


Рис. 1. Динамика роста окулянтов сорта Алеся на подвое 54-118 в зависимости от различных приемов стимулирования ветвления (2023 г.)

Удаление точки роста остановило рост окулянтов в течение одной декады (24 июня – 4 июля). В варианте с использованием препарата Регалис эффект замедления роста был более продолжительным (с 27 июня по 15 июля).

Динамика роста окулянтов в 2024 г. В 2024 г. наблюдения динамики роста проводили аналогично предыдущему году. В опыт был добавлен сорт Арнабель, а также вариант № 5 с использованием препарата Арболин. При достижении окулянтами высоты 65–70 см были проведены приемы стимулирования ветвления, что вызвало значительную разницу в скорости роста растений между вариантами. В июне у растений наблюдали первую волну роста. В этот период (с 3 июня по 1 июля) скорость роста у сорта Алеся составила 0,75–1,72 см/сут, Весяліна – 0,81–2,30 см/сут, Арнабель – 0,74–1,75 см/сут. Скорость роста колонновидного сорта Гирлянда была наименьшей и составила 0,16–1,08 см/сут. Для всех сортов наибольшая скорость роста отмечена с 25 июня по 1 июля (табл. 2).

В 2024 г. к I декаде июля окулянты сорта Гирлянда также не достигли необходимой высоты (65–70 см), и все операции с ними проводили одновременно с другими сортами.

Удаление точки роста привело к замедлению или остановке роста. У сорта Алеся с 8 по 15 июля скорость роста снизилась до 0,11 см/сут, в то время как в контрольном варианте она составила 0,80 см/сут. Сорта Весяліна и Арнабель отличались более интенсивным ростом, у сорта Весяліна с 25 июня по 1 июля скорость роста составила 0,12 см/сут (контроль – 1,98 см/сут), а у сорта Арнабель в III декаде июня отмечено небольшое снижение высоты растений за счет удаления верхушечной части побега. У сорта Гирлянда с 1 по 8 июля также наблюдали остановку роста окулянтов. Скорость роста окулянтов в варианте с прищипкой апикальных листочков была на уровне контрольного варианта.

Применение препарата Регалис также вызвало замедление роста по сравнению с контрольным вариантом (с I декады июля по II декаду августа). У сорта Алеся в I декаде июля скорость роста составила 25,7 % в сравнении с контрольным вариантом, а в II декаде июля – 1,8 %.

Таблица 2. **Высота окулянтов на подвое 54-118 в 2024 г. в зависимости от способа стимулирования ветвления, см**

Вариант	Дата измерения											
	03.06	11.06	18.06	25.06	01.07	08.07	15.07	22.07	02.08	12.08	22.08	01.10
Алеся												
1 (к.)	38,2	45,2	53,4	61,0	68,5	75,9	81,5	91,6	101,6	103,1	104,5	116,2
2	36,6	42,6	49,5	57,4	67,7	76,9	77,7	78,1	94,4	101,0	107,6	112,3
3	35,2	42,2	49,3	56,3	63,7	71,1	79,2	88,2	94,9	98,2	101,6	107,5
4	34,2	42,5	48,2	55,4	63,9	65,8	65,9	66,8	68,4	69,4	70,5	73,3
5	33,8	41,1	48,0	54,6	63,8	68,6	79,0	90,6	92,3	94,1	95,9	100,2
Весяліна												
1 (к.)	46,0	53,1	62,3	71,7	83,6	93,0	98,0	102,3	112,3	114,4	116,5	119,0
2	43,0	52,8	63,6	69,3	70,0	74,5	82,0	89,5	101,6	104,2	106,7	109,7
3	43,9	54,6	63,6	76,2	86,3	95,4	102,7	110,1	114,9	116,3	117,7	118,9
4	40,8	53,2	59,4	68,4	74,4	78,4	78,9	79,3	79,9	80,3	80,6	83,0
5	40,8	48,7	58,7	67,7	81,5	90,1	100,1	105,2	109,4	109,8	110,1	112,9
Гирлянда												
1 (к.)	24,8	28,1	32,1	36,7	42,2	44,1	48,5	52,8	57,6	59,6	61,5	62,9
2	22,6	26,1	27,7	29,0	35,5	35,3	35,6	36,0	39,1	41,1	43,2	44,9
3	22,9	26,1	28,3	30,8	35,0	37,9	40,6	43,2	45,9	46,0	46,1	47,4
4	23,5	29,0	30,1	31,2	34,3	34,3	35,0	36,0	36,8	37,2	37,6	38,2
5	22,8	24,8	27,6	28,6	34,1	35,6	39,2	42,7	45,0	45,6	46,1	49,3
Арнабель												
1 (к.)	46,2	57,4	65,4	73,0	83,0	89,9	100,1	110,3	114,2	117,7	121,2	122,8
2	48,3	63,6	71,7	70,5	69,9	73,3	81,3	89,3	100,2	104,4	108,5	110,7
3	48,8	64,2	72,9	83,2	93,7	105,2	114,2	123,1	127,7	132,3	136,9	138,0
4	47,3	58,2	63,4	74,6	77,7	82,1	83,2	83,2	83,2	83,6	83,9	85,0
5	47,9	61,9	69,5	78,7	90,2	101,2	109,1	117,0	123,6	125,3	126,9	128,4

У сорта Весяліна скорость роста замедлилась и составила 42,6 % в сравнении с контролем в I декаде июля; далее продолжила снижаться до 6,0 % относительно контроля в I декаде августа. У сорта Арнабель скорость роста составила 63,8 % в сравнении с контрольным вариантом в I декаде июля и полностью остановилась в III декаде июля и I декаде августа. У сорта Гирлянда рост остановился сразу же после обработки Регалисом в I декаде июля (0 % в сравнении с контрольным вариантом). В течение II–III декад июля и I декады августа скорость роста окулянтов сорта Гирлянда составляла 15,9–23,3 % от скорости роста растений в контроле.

В варианте с применением препарата Арболин скорость роста была на уровне контрольного варианта.

Динамика роста окулянтов (на примере сорта Весяліна) представлена на рис. 2.

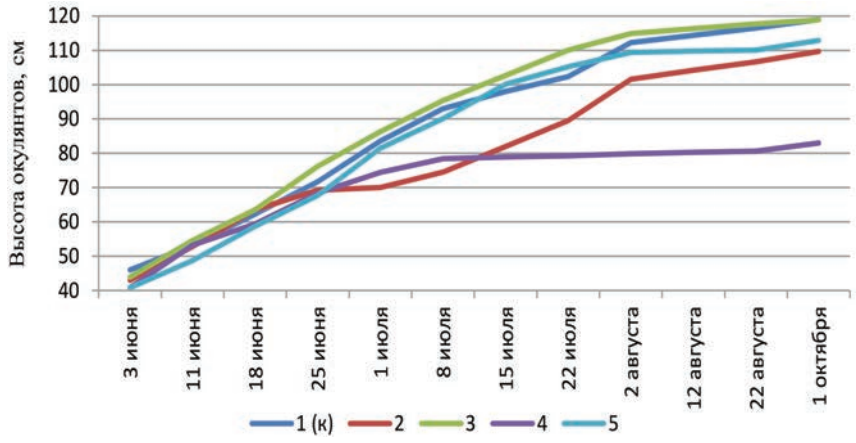


Рис. 2. Динамика роста окулянтов сорта Весяліна на подвое 54-118 в зависимости от различных приемов стимулирования ветвления (2024 г.)

Препарат Регалис имеет длительный эффект замедления роста (8 июля – 22 августа). Растения в данном варианте имели наименьшую высоту.

Внешний вид двухпроводниковых саженцев яблони по состоянию на 1 октября 2024 г. представлен на рис. 3.

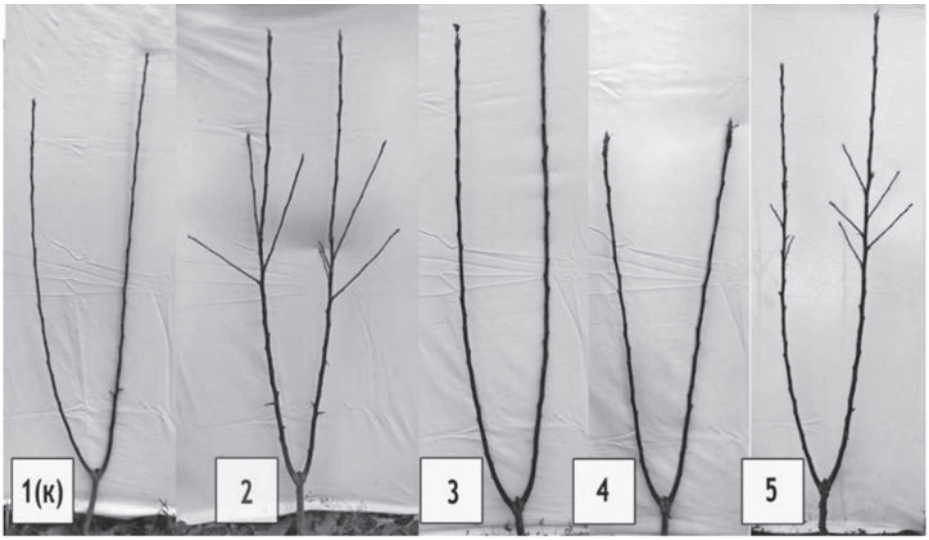


Рис. 3. Саженцы сорта Весяліна на подвое 54-118 при различных способах стимулирования кронообразования (01.10.2024)

К началу октября все окулянты остановили рост и заложили верхушечную почку. В 2024 г. растения во всех вариантах, за исключением варианта с применением Регалиса, имели высоту, соответствующую стандартным однопроводниковым саженцам.

ВЫВОДЫ

Удаление точки роста приводит к остановке или замедлению скорости роста окулянтов в течение одной декады. В дальнейшем растения в этом варианте восстанавливают скорость роста на уровне контрольного варианта.

Применение препарата Регалис вызывает длительное замедление роста окулянтов. Саженцы в данном варианте имели наименьшую высоту.

Двукратная прищипка апикальных листочков, а также обработка окулянтов препаратом Арболин не оказали существенного влияния на динамику роста растений в высоту.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. A vision for apple orchard system of the future / T. Robinson, S. Hoying, M. M. Sazo [et al.] // Fruit Quarterly – New York State Horticultural Society. – 2013. – Vol. 21. – P. 11–16.

2. Bibaum®. Mazzoni – the double leader plant. – URL: https://en.mazzonigroup.com/nursery/bibaum-plant-double-leader (date of access: 13.04.2025).

3. Dallabetta, N. Effect of training systems and pruning methods on fruit quality in apple / N. Dallabetta ; Alma Mater Studiorum. – Univ. di Bologna, 2014. – 87 p.

4. Dorigoni, A. Possibilities for multi-leader trees / A. Dorigoni, F. Michelli // EFM. – 2014. – № 2. – P. 18–20.

5. Мельник, О. В. Трансформація саду в плодову стіну / О. В. Мельник, А. М. Чаплоуцький // Новини садівництва. – 2013. – № 3. – С. 8–11.

6. Musacchi, S. Bibaum® a new training system for pear orchards / S. Musacchi // Acta Horticulturae. – Vol. 800. – 2007. – P. 763–769.

7. Nursery tree design modifies annual dry matter production of newly grafted Royal Gala apple trees / B. M. Van Hooijdonk, D. S. Tustin, D. Dayatilake, M. Oliver // Scientia Horticulturae. – 2015. – Vol. 197. – P. 404–410.

8. Полуніна, О. В. Продуктивність та економічна оцінка вирощування двопровідникових саджанців яблуні залежно від висоти окулірування і способу створення двох провідників / О. В. Полуніна, В. П. Майборода // Навукові доповіді НУБіП України. Секція «Агрономія». – 2019. – № 2 (78). – DOI: 10.31548/dopovidi2019.02.006.

9. Полунина, А. Утолщение штамба и апикальный рост двухпроводниковых саженцев яблони сорта Флорина в зависимости от плотности размещения и способа создания двух проводников / А. Полунина, В. Майборода // Stiinta Agricola. – 2018. – № 2. – С. 64–69.

10. Технологический регламент производства оздоровленных кронированных саженцев плодовых культур / В. А. Самусь, Н. Н. Драбудько, В. А. Левшунов [и др.] // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2015. – Т. 27. – С. 374–385.

11. Грушева, Т. П. Особенности развития саженцев различного типа колонновидных сортов яблони / Т. П. Грушева, В. А. Самусь, В. А. Левшунов // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2021. – Т. 33. – С. 32–39.

12. Подгорная, Е. В. Особенности изменения климата на территории Республики Беларусь за последние десятилетия / Е. В. Подгорная, В. И. Мельник, Е. В. Комаровская // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации : сб. науч. тр. / Гидрометеорол. науч.-исслед. центр Рос. Федерации ; под общ. ред. Р. М. Вильфанда. – М., 2015. – № 358. – С. 111–120.

13. Колонновидные сорта ВНИИСПК, их сорто-подвойные комбинации и схемы посадки / С. А. Корнеева, Е. Н. Седов, Т. В. Янчук, З. М. Серова // Современное садоводство. – 2018. – № 3. – С. 122–130.

14. Генофонд плодовых и ягодных растений Беларуси: атлас сортов плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда / З. А. Козловская, А. А. Таранов, Л. В. Фролова [и др.] ; под общ. ред. З. А. Козловской, А. А. Таранова ; НАН Беларуси, Ин-т плодоводства. – Минск : Беларус. навука, 2020. – 542 с.

15. Козловская, З. А. Селекция яблони в Беларуси / З. А. Козловская. – Минск : Беларус. навука, 2015. – 457 с.

16. Сорта плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда селекции РУП «Институт плодоводства» / Ин-т плодоводства. – Минск : Проф-пресс, 2016. – 132 с.

17. Методика изучения клоновых подвоев в Прибалтийских республиках и Белорусской ССР / ред. И. Коченова. – Елгава : ЛСХА, 1980. – 59 с.

18. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: Е. Н. Джигадло [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.

GROWTH DYNAMICS OF BIBAUM® APPLE TREE NURSERY PLANTS DEPENDING ON METHODS OF SHOOT FORMATION STIMULATION IN THE FIRST YEAR FIELD OF A NURSERY

I. V. TKACHOV

Abstract

The conducted research showed that the greatest and most prolonged influence on the growth dynamics and final height of seedlings was exerted by the preparation Regalis. Removal of the shoot apex caused a temporary cessation or slowdown of growth for approximately one ten-day period; subsequently, the budded plants resumed growth at a rate comparable to the control. Double pinching of apical leaves, as well as treatment with the preparation Arbolin, did not significantly affect the growth dynamics of the plants.

Keywords: apple tree, nursery, Bibaum® seedlings, growth habit, training, shoot formation, Belarus.

Поступила в редакцию 30.04.2025

УДК 634.11:632.951:632.7

КОНТРОЛЬ СОСУЩИХ ВРЕДИТЕЛЕЙ ДВУХКОМПОНЕНТНЫМ ПРЕПАРАТОМ КОРМОРАН, КЭ (НОВАЛУРОН, 100 Г/Л + АЦЕТАМИПРИД, 80 Г/Л)

О. В. НОВИКОВА

РУП «Институт защиты растений»,
ул. Мира, 2, аг. Прилуки, Минский район, 223011, Беларусь,
e-mail: dzickowska0804@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

С целью расширения ассортимента средств защиты растений против сосущих вредителей яблони, таких как тли (*Aphis pomi* Deg., *Dysaphis mali* Ferr.) и яблонной листовой галлицы (*Dasineura mali* Kieff.), в 2023–2024 гг. проводили изучение двухкомпонентного инсектицида из химической группы неоникотиноид + ингибитор синтеза хитина Корморан, КЭ в нормах расхода 0,3 и 0,6 л/га. Двухлетние исследования в годы, благоприятные для развития сосущих фитофагов, показали, что двукратное применение изучаемого препарата позволило снизить развитие зеленой яблонной и яблонно-подорожниковой тлей на 97,2–100 %, яблонной листовой галлицы – на 100 %.

Полученные результаты позволили внести инсектицид Корморан, КЭ (новалурон, 100 г/л + ацетамиприд, 80 г/л) в «Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь», в том числе против тлей и яблонной листовой галлицы, в нормах расхода 0,3 и 0,6 л/га.

Ключевые слова: яблоня, сосущие вредители, тли, яблонная листовая галлица, двухкомпонентный инсектицид, неоникотиноиды, ингибиторы синтеза хитина, биологическая эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Плодоводство в республике является одной из важнейших отраслей сельскохозяйственного производства. Начиная с 2000-х гг. сады в Беларуси возделывают по интенсивной технологии, что предусматривает уплотненные схемы посадки деревьев, выращивание интенсивных сортов, капельное орошение, применение удобрений и средств защиты растений.

Несмотря на то, что производство плодов в республике увеличивается, средняя урожайность плодовых культур в сельскохозяйственных предприятиях относительно невысокая – 41,6 ц/га [1]. Это обусловлено в первую очередь усилением вредоносности фитофагов, которые являются основными факторами, лимитирующими получение высоких урожаев.

Под влиянием биотических и абиотических факторов в садовых ценозах наблюдаются изменения в видовом составе и структуре доминирования вредителей, сроках наступления периодов их наибольшей вредоносности, отмечается увеличение распространенности сосущих фитофагов, обладающих поливольтинностью, полиморфизмом и высокой скоростью размножения в период вегетации, в том числе тлей и яблонной листовой галлицы. Количество поколений тлей в саду в течение сезона достигает 9–13, а частое применение против фитофагов инсектицидов из одной химической группы обуславливает снижение эффективности ряда монокомпонентных перепаратов [2].

Заселенность побегов яблонной листовой галлицей в промышленных садах Беларуси достигает 42,2 % [2, 3]. Учитывая, что наиболее вредоносны личинки фитофага, которые являются скрытоживущими и питаются в скрученных листьях яблони, эффективность инсектицидов при традиционной системе защиты сада против данного вредителя невысока.

В настоящее время в «Государственном реестре средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь» против яблонной листовой галлицы зарегестрирован только один препарат – Мовенто Энерджи, КС (спиротетрамат, 120 г/л + имидаклоприд, 120 г/л).

С целью расширения ассортимента инсектицидов против сосущих вредителей – тлей и яблонной листовой галлицы – было проведено изучение эффективности двухкомпонентного инсектицида Корморан, КЭ с действующим веществом новалурон, 100 г/л + ацетамиприд 80, г/л в нормах расхода 0,3 и 0,6 л/га.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые опыты по оценке эффективности препарата Корморан, КЭ проводили в 2023–2024 гг. в саду РУП «Толочинский консервный завод» на яблоне сорта Вербнае 2007 г. посадки. Опыт закладывали на участках, выровненных по агротехнике, состоянию растений и применению пестицидов, согласно «Методическим указаниям по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов, родентицидов и феромонов в сельском хозяйстве» делянки разбивали в четырехкратной повторности, по 6 учетных деревьев в каждой повторности [4]. Опрыскивания проводили ранцевым мотоопрыскивателем SOLO с нормой расхода рабочей жидкости 1 л/дерево.

Обработки против вредителей осуществляли в оптимальные сроки, увязанные с фенологией развития яблони и фитофагов, в сухую, безветренную погоду. Первая обработка в 2023 г. проведена 25 мая, в 2024 г. – 23 мая – при достижении тлями ЭПВ, который составляет 10 % заселенных побегов и по началу отрождения личинок яблонной листовой галлицы. Вторая обработка проводилась 15 июня (2023 г.) и 6 июня (2024 г.) при нарастании численности тлей и в период начала лёта второго поколения галлицы.

Сроки начала и динамику дальнейшего лёта яблонной листовой галлицы в годы исследований наблюдали с помощью желтых клеевых ловушек, которые размещали в кроне дерева на высоте 1 м от поверхности почвы, из расчета 10 м друг от друга в пятикратной повторности [5].

Схема опыта:

1. Контроль (без обработки).
2. Эталон – Мовенто Энерджи, КС (спиротетрамат, 120 г/л + имидаклоприд, 120 г/л) – 0,8 л/га.
3. Эталон – Мовенто Энерджи, КС (спиротетрамат, 120 г/л + имидаклоприд, 120 г/л) – 1,0 л/га.
4. Корморан, КЭ (новалурон, 100 г/л + ацетамиприд, 80 г/л) – 0,3 л/га.
5. Корморан, КЭ (новалурон, 100 г/л + ацетамиприд, 80 г/л) – 0,6 л/га.

Эффективность против тлей учитывали на 3-и, 7-е, 14-е сут, против галлицы – на 14-е сут после обработки. Расчеты биологической эффективности инсектицидов проводили по снижению заселенности побегов вредителями после опрыскивания по сравнению с контролем [4, 6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Погодные условия от начала вегетации и до конца цветения 2023 и 2024 гг. были схожими и достаточно сложными для роста и развития яблони.

Устойчивый переход через +5 °С в 2023 г. в Толочине произошел 6 апреля, а в 2024 г. – 29 марта. В этот период отмечено начало отрождения личинок тлей из зимующих яиц. В дальнейшем весенний период в Толочине в 2023 и 2024 гг. характеризовался резкими колебаниями температуры в апреле и отсутствием осадков в мае, что сдержало развитие сосущих фитофагов. При наступлении благоприятных погодных условий в третьей декаде мая в годы исследований отмечено резкое нарастание численности вредителя и заселенности молодых побегов. Видовой состав тлей в конце цветения яблони был представлен двумя видами: зеленая яблонная тля – *Aphis pomi* Deg. и яблонная подорожниковая тля – *Dysaphis mali* Ferr. При этом доминировала зеленая яблонная тля.

Первая обработка против фитофагов в годы исследований была проведена в конце цветения яблони (25.05.2023 г. и 23.05.2024 г.) при заселении молодых побегов тлями, которое достигало 16,8 % (2023 г.) и 10,9 % (2024 г.).

В результате однократного применения препарата Корморан, КЭ снижение заселенности побегов тлей в 2023 г. в вариантах опытов на 3-и сут составило 74,0–81,7 %, в эталоне – 87,7 %. На 7-е сут эффективность изучаемого препарата возросла до 78,1–84,8 %, а в эталонном варианте – 90,7 %. На 14-е сут эффективность инсектицида Корморан, КЭ достигала 83,1 % в норме расхода 0,3 л/га и 90,0 % – 0,6 л/га, что было на уровне эталонного варианта. В 2024 г. однократное применение изучаемого препарата обеспечило 100%-ную эффективность на 3-и и 7-е сут, что

соответствовало эталону. На 14-е сут эффективность снизилась во всех вариантах до 85,3–96,1 % (табл. 1).

Таблица 1. **Эффективность однократного применения препарата Корморан, КЭ против тлей. РУП «Толочинский консервный завод», Витебская область, сорт Вербнае, полевой опыт (2023–2024 гг.), %**

Вариант	Биологическая эффективность					
	2023			2024		
	28.05	01.06	08.06	26.05	30.05	06.06
Контроль*	19,6	21,4	21,8	11,9	12,6	15,3
Мовенто Энерджи, КС – 0,8 л/га	87,7	90,7	93,7	100	100	96,1
Корморан, КЭ – 0,3 л/га	74,0	78,1	83,1	100	100	85,3
Корморан, КЭ – 0,6 л/га	81,7	84,8	90,0	100	100	94,8

* В контроле – количество побегов, заселенных тлей, %.

Через неделю после последнего учета 15 июня в 2023 г. количество заселенных тлей побегов в контроле увеличилось до 30 %, а также отмечено снижение эффективности в обрабатываемых вариантах (63,4–70,1 %), что обусловило проведение второй обработки. В 2024 г. обработка была проведена 6 июня при заселенности тлей 15,3 % в контроле и снижении эффективности в опытных вариантах (табл. 2).

Эффективность инсектицида Корморан, КЭ в 2023 г. на 3-и сут после второй обработки составляла 65,7–71,4 %, в то время как в эталонном варианте она достигала 96,6 %. На 7-е сут эффективность изучаемого препарата возросла от 83,9 % (0,3 л/га) до 93,8 % (0,6 л/га), а на 14-е сут после обработки эффективность как Корморана, КЭ во всех нормах расхода, так и Мовенто Энерджи, КС составила 100 %, что свидетельствует о пролонгированном действии препарата.

Таблица 2. **Эффективность двукратного применения препарата Корморан, КЭ против тлей. РУП «Толочинский консервный завод», Витебская область, сорт Вербнае, полевой опыт (2023–2024 гг.), %**

Вариант	Биологическая эффективность						
	2023				2024		
	15.06	18.06	22.06	29.06	09.06	13.06	20.06
Контроль*	30,0	35,0	37,3	40,3	18,8	20,3	22,6
Мовенто Энерджи, КС – 0,8 л/га	70,1	96,6	100	100	100	100	100
Корморан, КЭ – 0,3 л/га	63,4	65,7	83,9	100	100	100	97,2
Корморан, КЭ – 0,6 л/га	68,9	71,4	93,8	100	100	100	100

* В контроле – количество побегов, заселенных тлей, %.

В 2024 г. при двукратном применении как изучаемый препарат, так и эталон на 3-и и 7-е сут снизили развитие тлей на 100 %. На 14-е сут после обработки эффективность инсектицида Корморан, КЭ в меньшей норме расхода (0,3 л/га) снизилась незначительно – до 97,2 %, в то время как в норме расхода 0,6 л/га и в эталоне оставалась на уровне 100 %.

Таким образом, обобщая полученные данные, можно сделать вывод, что эффективность двукратного применения инсектицида Корморан, КЭ против тлей, на протяжении 2 лет была на уровне 97,2–100 %.

Начало лёта яблонной листовой галлицы в годы исследований отмечено 23 апреля в 2023 г. и 10 апреля в 2024 г. Динамика лёта вредителя была нестабильной и зависела от погодных условий. Ночные заморозки затормозили дальнейший лёт имаго фитофага, который продолжился лишь 12 мая в 2023 г. и 24 апреля в 2024 г. В конце цветения яблони проведена первая обработка инсектицидом Корморан, КЭ, когда в саду были отмечены первые единичные повреждения листьев яблонной листовой галлицей. Эффективность изучаемого препарата в 2023 г. в опытных вариантах через 14 дней составила 80,5 % в норме расхода 0,3 л/га и 90,2 % в норме расхода 0,6 л/га, что было на уровне эталона (83,4–92,2 %) (табл. 3).

Таблица 3. **Эффективность двукратного применения препарата Корморан, КЭ против яблонной листовой галлицы. РУП «Толочинский консервный завод», Витебская область, сорт яблони Вербнае, полевой опыт (2023–2024 гг.), %**

Вариант	Биологическая эффективность			
	2023		2024	
	15.06	06.07	06.06	20.06
Контроль*	10,3	13,7	8,6	16,8
Мовенто Энерджи, КС – 0,8 л/га	83,4	100	94,2	100
Мовенто Энерджи, КС – 1,0 л/га	92,2	100	95,3	100
Корморан, КЭ – 0,3 л/га	80,5	92,7	92,0	100
Корморан, КЭ – 0,6 л/га	90,2	100	95,3	100

* В контроле – количество побегов, заселенных галлицей, %.

В 2024 г. эффективность однократного применения инсектицида Корморан, КЭ против яблонной листовой галлицы также была высокой и составила 92,0–95,3 %, что было на уровне эталона (94,2–95,3 %).

В июне в варианте без обработки количество поврежденных галлицей побегов возросло до 10,3 % (15.06.2023 г.) и 8,6 % (06.06.2024 г.), в связи с чем повторная обработка вариантов опыта была направлена против личинок галлицы второго поколения. Эффективность двукратного применения инсектицида Корморан, КЭ на протяжении 2 лет против яблонной листовой галлицы была высокой и достигала 92,7–100 %, что также было на уровне эталона.

ВЫВОДЫ

В результате двухлетнего изучения эффективности двукратного применения препарата Корморан, КЭ против сосущих вредителей яблони в полевых условиях было установлено, что изучаемый инсектицид снижает заселение побегов тлей на 97,2–100 %, яблонной листовой галлицей – на 92,7–100 %.

На основании полученных в 2023–2024 гг. результатов по биологической эффективности двухкомпонентный инсектицид Корморан, КЭ (новалурон, 100 г/л + ацетамиприд, 80 г/л) в марте 2025 г. был внесен в «Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь», в том числе и против сосущих вредителей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Самусь, В. А. Агробиологические основы интенсификации производства плодов яблони в Республике Беларусь : автореф. дис. … д-ра с.-х. наук : 06.01.07 / Самусь Вячеслав Андреевич ; Ин-т плодоводства. – Горки, 2007. – 47 с.

2. Колтун, Н. Е. Защита молодых насаждений и питомников семечковых культур от вредных организмов / Н. Е. Колтун, В. С. Комардина ; Ин-т защиты растений. – Минск, 2014. – 64 с.

3. Супранович, Р. В. Восприимчивость некоторых сортов яблони в садах интенсивного типа к повреждению яблонной листовой галлицей (*Dasineura mali* Kieffer) / Р. В. Супранович // Эколого-экономические основы усовершенствования интегрированных систем защиты растений от вредителей, болезней и сорняков : материалы междунар. науч. конф. (Минск – Прилуки, 14–16 февр. 1996 г.). – Минск, 1996. – С. 41–42.

4. Мамаев, Б. М. Галлицы, их биология и хозяйственное значение / Б. М. Мамаев ; Акад. наук СССР, Ин-т морфологии животных им. А. Н. Северцова. – М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1962. – 72 с.

5. Remigiusz, W. Olszak Pryszczarki w uprawachsa downiczych / Remigiusz W. Olszak. – Skierniewiceprzez Informator Sadowniczy. – 5 maja 2016. – 15 s.

6. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов, родентицидов и феромонов в сельском хозяйстве / Ин-т защиты растений. – 2024. – 619 с.

CONTROL OF SUCKING PESTS USING THE TWO-COMPONENT FORMULATION KORMORAN, EC (NOVALURON, 100 G/L + ACETAMIPRID, 80 G/L)

O. V. NOVIKOVA

Abstract

In order to expand the range of plant protection products against sucking pests of apple trees, such as aphids (*Aphis pomi* Deg., *Dysaphis mali* Ferr.) and the apple leaf midge (*Dasineura mali* Kieff.), a study was conducted in 2023–2024 on the two-component insecticide Kormoran, EC, from the chemical groups neonicotinoids and chitin synthesis inhibitors, applied at rates of 0.3 and 0.6 L/ha.

Two-year trials, conducted under conditions favorable for the development of sucking phytophages, showed that two applications of the tested product reduced populations of green apple aphid and apple–plantain aphid by 97.2–100 %, and apple leaf midge by 100 %.

Based on these results, the insecticide Kormoran, EC (novaluron, 100 g/L + acetamiprid, 80 g/L), was included in the 'State Register of Plant Protection Products and Fertilizers Approved for Use in the Republic of Belarus', including for use against aphids and apple leaf midge at the specified rates of 0.3 and 0.6 L/ha.

Keywords: apple, sucking pests, aphids, apple leaf midge, two-component insecticide, neonicotinoids, chitin synthesis inhibitors, biological efficacy.

Поступила в редакцию 24.03.2025

УДК 634.13:631.526.32:631.527:577.21(476)

РЕЗУЛЬТАТЫ МАРКЕР-ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ СЕЛЕКЦИИ ГРУШИ В БЕЛАРУСИ

Т. Н. МАРЦИНКЕВИЧ[1], Т. А. ГАШЕНКО[1], О. А. ЯКИМОВИЧ[1], Ю. Г. КОНДРАТЕНОК[1], А. Н. РЫМКО[2]

[1]РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: 87martany@gmail.com
[2]ООО «АртБиоТех»,
ул. Купревича, 1, корп. 3, каб. 337, г. Минск, 220084, Беларусь,
e-mail:info@qpcr.by

АННОТАЦИЯ

ДНК-маркеры являются альтернативным классическому отбору сортов и гибридов по хозяйственно ценным признакам методом селекции. В настоящей статье представлены результаты использования одной из методик маркер-вспомогательной селекции при идентификации национальной коллекции груши в Республике Беларусь. Получены генетические профили 47 коллекционных образцов груши с помощью рекомендованного EDPGR набора маркеров, способных давать сравнимую информацию, получаемую в других зарубежных лабораториях, в целях более эффективной оценки белорусского генофонда, охраны сортов и обмена данными по всему миру в согласованном порядке. Маркеры сгруппированы в мультиплексные наборы по 2 и по 3 для повышения эффективности выполнения генотипирования за счет одновременного анализа по нескольким локусам и проведении фрагментного анализа. С помощью кластерного анализа установлены внутривидовые связи родства у изучаемых сортов груши. Составлена дендрограмма генетического сходства изучаемых сортов.

Ключевые слова: груша, коллекция, маркер-вспомогательная селекция, EDPGR-маркеры, молекулярно-генетические формулы, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Ценнейшим резервом для получения высокопродуктивных и экологически стабильных сортов, обеспечивающих получение качественной безопасной продукции, являются банки генетических ресурсов растений, в нашем случае – это коллекции плодовых культур. В Республике Беларусь самая крупная коллекция плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда сосредоточена в РУП «Институт плодоводства», является объектом национального достояния, включенным в государственный реестр сельскохозяйственных растений [1].

Требования новых интенсивных технологий к сортам возрастают, а традиционная селекция из-за длительности процесса не успевает за их ростом. В настоящее время создание сорта, сочетающего в себе высокий биологический потенциал, качество плодов и устойчивость к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам, невозможно без новых эффективных биотехнологических подходов. Одним из таких является маркер-вспомогательная селекция, которая основывается на идентификации генов, определяющих тот или иной признак, при помощи специфических маркеров [2].

Обнаружение ассоциаций «маркер – признак» для груши стало возможным после проведенного секвенирования нескольких геномов, а именно *P. communis* d'Anjou draft Genome v1.0; *P. pyrifolia* Cuiguan Genome v1.0; *P. pyrifolia* Genome v1.0; *P. ussuriensis* × *communis* Genome v1.0; *P. betulifolia* Genome v1.0; *P. communis* Bartlett DH Genome v2.0; *P. bretshneideri* DangshanSuli Genome Assembly v1.1; *P. communis* Genome v1.0 [3].

Полученная информация о геноме груши позволила разработать генетические маркеры и генетические карты для идентификации генотипов. Самыми первыми маркерными системами, пригодными для целей идентификации сортов, были маркеры типа RFLP, RAPD, ISSR, AFLP [4]. С использованием 120 RAPD-маркеров в 2001 г. были созданы первые генетические карты для сортов японской груши Kinchaku и Kosui и идентифицированы 18 групп сцепления [5]. Но данные типы маркеров с течением времени становились неудобными.

На смену вышесказанным пришли SSR-маркеры (simple sequence repeat), охватывающие повторы простых последовательностей ДНК. Данный тип стал популярным по причине того, что SSR-локусы распределены по всему геному, высокополиморфны, кодоминантны, их анализ обеспечивает достоверную воспроизводимость результатов. То есть данный тип маркеров охватывает не анонимные последовательности, а известные участки генома, с четкой локализацией на генетической карте. Основное преимущество SSR-маркеров в том, что многие из них имеют сайты связывания в геноме не только того вида, для которого они были созданы, но и в геноме близкородственных видов. Это позволяет успешно использовать их для сортовой идентификации и паспортизации растений [6–10].

Примером успешного применения микросателлитных маркеров служат исследования Jasna Senic с соавторами для оценки генетического полиморфизма 94 образцов европейской коллекции груши, произрастающей в Швеции. В результате были выявлены сорта-синонимы, к примеру, известный сорт Red Clapp's Favorite существует под названием Clapp's Favorite, а сорт Svanhalsar оказался идентичным Windsor [11].

Восточноазиатские исследователи Lu Bao, Kunsong Chen, Toshiya Yamamoto и другие использовали SSR-маркеры для оценки генетического разнообразия и родства сортов *Pyrus* L., произрастающих в Восточной Азии. Всего было обнаружено 168 предполагаемых локусов. Анализ филогенетического дерева показал, что китайские песчаные груши (*P. pyrifolia*) встречались в четырех кластерах из десяти. В трех из этих четырех групп песчаные груши были вместе с китайскими белыми, а одну, отдельно, заняли японские. Это в очередной раз подтвердило информацию, полученную другими авторами, о широком генетическом разнообразии китайской песчаной груши [12].

Так, анализ литературных данных показал, что буквально за 10 лет от момента секвенирования генома груши был достигнут значительный прогресс в молекулярной генетике и, соответственно, число созданных молекулярных маркеров стало огромным. И перед генетиками и селекционерами возникла новая проблема. Для обмена информацией и совместной работы был необходим общий универсальный набор маркеров. В связи с этим для скрининга образцов груши участниками Европейской программы сотрудничества в области генетических ресурсов растений (EDPGR) был выбран стандартный набор из 17 SSR-маркеров с возможностью сравнивать полученные генетические профили сортообразцов с аналогичными, полученными в лабораториях разных стран [11]. А для оптимизации процесса исследователями из Ист-Моллингской научной станции (East Malling Research), Великобритания, был создан приоритетный набор из 12 маркеров с корректировкой аллельного размера: CH01d08, CH01d09, CH01f07a, CH03d12, CH04H02, CH04e03, CH05c06, EMPc11, EMPc117, GD147, CH02b10 и CH01c06A [13].

Таким образом, сегодня микросателлитные ДНК-маркеры являются наиболее распространенным инструментом, используемым в маркер-вспомогательной селекции, при работе с генетическими ресурсами растений – определении структуры коллекций и степени генетического сходства, а также идентификации и ДНК-паспортизации образцов. Но следует отметить, что данные исследования широко проводятся за рубежом, в то время как в Беларуси таких исследований крайне мало. И так как в последние годы в развитии банков ДНК появилась тенденция к их интеграции, то необходимость ведения собственной базы данных является актуальной для каждого научного центра [14].

Цель настоящей работы − провести идентификацию сортов с помощью рекомендованного EDPGR набора молекулярных маркеров для пополнения национальной паспортной базы и обмена данными по всему миру в согласованном порядке.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования являлись 47 сортов груши различного генетического и географического происхождения из национальной коллекции генетических ресурсов РУП «Институт плодоводства» (табл. 1).

Таблица 1. **Объекты исследования**

Название сорта	Страна происхождения
***P. communis* L.**	
Бере Александр Люка (Beurre Aleksandre Lukas), Оливье де Серр (Olivier de Serres)	Франция
Бере слуцкая, Духмяная, Лагодная	Беларусь
Велеса, Красавица Черненко, Левен, Сильва	Россия
Видлуння, Виктория (Вікторія), Вродлыва (Вродлива), Золотоворотская (Золотоворітська), Изумрудная (Ізумрудна), Мрия (Мріа), Чаривныца (Чарівниця)	Украина
Выставочная (Vîstavocinaia), Сокровище (Sokrovişce)	Молдова
Доктор Люциус (Docteur Lucius)	Германия
Конференция (Conference)	Великобритания
Паттен (Patten)	США
Паулина	Латвия
P. communis* × *P.* × *ussuriensis	
Августовская роса, Десертная россошанская, Есенинская, Мраморная, Памяти Яковлева, Потаповская, Прима, Петровская, Сеянец Яковлева 111, Сеянец Яковлева 104, Северянка краснощекая, Чижовская	Россия
Киргизская зимняя (Майская)	Киргизия
Купала, Поздняя Белсад, Просто Мария, Спакуса, Ясачка	Беларусь
Нарядная из Млиева (Нарядна з Мліэва)	Украина
P. communis* × *P.* × *pyrifolia	
Восточная золотистая, Деканка новая	Россия
Кудесница	Беларусь
Талгарская красавица	Казахстан
***P.* × *pyrifolia* (Burm.) Nakai**	
Косуи (Kosui)	Япония
***P.* × *ussuriensis* Maxim**.	
Чуспан (Chuspan)	Китай

Препараты ДНК выделяли из молодых листьев груши с помощью набора Genomic DNA Purification Kit фирмы Thermo Fisher Scientific согласно рекомендованному протоколу.

В исследовании использовали 12 приоритетных маркеров (из универсального набора, рекомендованного EDPGR), которые были сгруппированы в пять мультиплексных наборов, содержащих по 2 или 3 маркера. В каждом наборе SSR-маркеры были сгруппированы с учетом диапазона размеров амплифицированных фрагментов и имели разные флуоресцентные метки (By5, By5,5). 1-й набор: A(CH01c06), B(CH02в10); 2-й набор: D(CH04h02), E(CH03d12); 3-й набор: G(CH05c06), H(EMPc11); 4-й набор: J(EMPc117), K(CH01d09), L(CH04e03); 5-й набор: M(GD147), N(CH01f07a), O(CH01d08). Последовательности праймеров приведены в табл. 2.

Таблица 2. **Последовательности маркеров, использованные для ДНК-идентификации сортов груши (2018, 2019, 2024 гг.)**

№	Праймеры	Последовательность олигонуклеотидов (F + R)	Метка	Размер аллелей, п. н.	Температура, °C
A	CH01c06	5’-TTCCCCATCGATCTCTC-3’ 5’-AAACTGAAGCCATGAGGGC-3’	By5,5	150–166	47
B	CH02c02b	5’-TGCATGCATGGAAACGAC-3’ 5’-TGGAAAAAGTCACACTGCTCC-3’	By5	103–133	48
D	CH04h02	5’-GAATTCTCGTCCCTTCATCTC-3’ 5’-GTTCCTTAGCCTCCCATTCTG-3’	By5	160–209	52
E	CH03d12	5’-GCCCAGAAGCAATAAGTAAACC-3’ 5’-ATTGCTCCATGCATAAAGGG-3’	By5,5	109–125	53
G	CH05c06	5’-ATTGGAACTCTCCGTATTGTGC-3’ 5’-ATCAACAGTAGTGGTAGCCGGT-3’	By5	88–118	55
H	EMPc11	5’-GCGATTAAAGATCAATAAACCCATA-3’ 5’-AAGCAGCTGGTTGGTGAAAT-3’	By5,5	140–155	51
J	EMPc117	5’-GTTCTATCTACCAAGCCACGCT-3’ 5’-CGTTTGTGTGTTTTACGTGTTG-3’	By5	99–119	53

Окончание табл. 2

№	Праймеры	Последовательность олигонуклеотидов (F + R)	Метка	Размер аллелей, п. н.	Температура, °С
K	CH01d09	5’-GCCATCTGAACAGAATGTGC-3’ 5’-CCCTTCATTCACATTTCCAG-3’	By5,5	133–156	51
L	CH04e03	5’-TTGAAGATGTTTGGCTGTGC-3’ 5’-TGCATGTCTGTCTCCTCCAT-3’	By5	179–205	45
M	GD147	5’-TCCCGCCATTTCTCTGC-3’ 5’-AAACCGCTGCTGCTGAAC-3’	By5	118–124	55
N	CH01f07a	5’-CCCTACACAGTTTCTCAACCC-3’ 5’-CGTTTTTGGAGCGTAGGAAC-3’	By5,5	177–195	55
O	CH01d08	5’-CTCCGCCGCTATAACACTTC-3’ 5’-TACTCTGGAGGGTATGTCAAAG-3’	By5	278–283	55

В целях эффективного сопоставления полученных профилей по 10 из 12 примененных нами маркеров в качестве стандарта плоидности использовали контрольный сорт Конференция с установленной молекулярной формулой (Conference $B_{122;126}$ $E_{106;123}$ $G_{87;97}$ $H_{138;149}$ $J_{115;117}$ K_{155} $L_{180;205}$ M_{121} $N_{180;191}$ O_{282}) [13].

Реакционная смесь объемом 25 µl содержала готовый премикс 2x ArtMix Color – 12,5 µl, 1 µl праймера (10 pmol/µl), ДНК (50 ng/µl) – 2,5 µl. Условия проведения амплификации: начальная денатурация при 95 °С в течение 2 мин, затем 45 циклов: 95 °С в течение 5 с, температура отжига в зависимости от используемого праймера – 10 с, синтез при 72 °С в течение 10 с. Реакция проводилась в термоциклере С 1000 Touch CFX96 (Applied Biosystems, USA). Для подтверждения наличия продуктов амплификации предварительно визуализировали в агарозном геле.

Полиморфизм праймеров, а также генетическое разнообразие оценивали, используя следующие параметры: аллели на локус (*Na*), эффективное число аллелей (*Ne*), ожидаемую гетерозиготность (*He*) и наблюдаемую гетерозиготность (*Ho*), рассчитываемую по формулам согласно Nei (1978) с помощью пакета программ Excel [15]:

$$He = 1 - \sum(pi)^2,$$

$$Ne = 1 / \sum(pi)^2,$$

где *pi* – частота встречаемости *i*-го аллеля.

Фрагментный анализ SSR-маркеров проводили с помощью системы генетического анализа GenoLab GeXP Genetic Analysis (Beckman Coulter).

Оценка генетической близости образцов и построение дендрограммы проводили на основании индекса генетического сходства Жаккарда, кластерный анализ выполнен методом UPGMA с использованием пакета программ MolMarker.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полиморфизма и генотипирование изучаемых образцов были проведены с использованием вышеуказанных маркеров. Данная маркерная система продемонстрировала высокий уровень полиморфизма при предварительном генотипировании контрольного сорта Конференция, где генетический профиль (Конференция $B_{124;128}$ $E_{109;126}$ $G_{89;95}$ $H_{140;153}$ $J_{115;119}$ K_{157} $L_{185;200}$ M_{122} $N_{182;200}$ O_{281}) соответствовал его профилю из Британской национальной коллекции плодовых культур (NFC).

В ходе исследования общее число идентифицированных аллелей у изученных сортов составило 249, из них 152 (61 %) − полиморфные, 97 − мономорфные (39 %) (табл. 3).

Количество выявленных аллелей (*Na*) на маркер колебалось от 12 для маркера CH01c06 до 30 для − CH04e03. Средняя частота встречаемости составила 20,75 Такой высокий уровень полиморфизма обусловлен тем, что многие аллели встречаются только один раз среди анализируемых генотипов. Так, например, у маркера CH02c02b из 17 детектируемых аллелей 7 размером 109, 113, 125, 128, 129, 130, 138 п. н. встречаются у одного из анализируемых образцов и, следова-

Таблица 3. **Статистические параметры SSR-маркеров, полученные при анализе коллекции сортов груши РУП «Институт плодоводства» (2018, 2019, 2024 гг.)**

Маркеры	Параметры			
	Na	*He*	*Ne*	*Ho*
CH01c06	12	0,78	4,57	0,68
CH02c02b	17	0,87	8,19	0,61
CH04h02	17	0,75	4,08	0,44
CH03d12	19	0,85	6,81	0,55
CH05c06	25	0,93	14,43	0,97
EMPc11	22	0,92	14,05	0,78
EMPc117	23	0,85	6,91	0,38
CH01d09	21	0,92	12,83	0,53
CH04e03	30	0,93	14,04	0,70
GD147	26	0,95	18,84	0,49
CH01f07a	23	0,91	11,33	0,68
CH01d08	14	0,90	10,79	0,48
Всего	249	10,56	126,8	7,29
Среднее значение	20,75	0,88	10,57	0,61

тельно, их можно отнести к редким, в то время как аллель длиной 131 п. н. представлен в геноме 20 сортов (табл. 3).

Значение коэффициента полиморфизма (*He*), варьировало в пределах от 0,75 для локуса CH04h02 до 0,95 для GD147. Среднее значение было равным 0,88. Такое высокое значение обусловлено детектированием большого количества редко встречаемых аллелей. Эффективное число аллелей (*Ne*) было максимальным (18,84) и минимальным (4,08 и 4,57) в тех же локусах − GD147 и CH04h02, CH01c06 соответственно. Наблюдаемый уровень гетерозиготности (*Ho*) у исследуемых образцов был относительно высоким и варьировал от 0,38 до 0,97. Так как данные величины у рассмотренных локусов были пропорциональны, это доказало хорошую информативность маркеров и высокий уровень полиморфизма микросателлитных последовательностей в геноме груши.

При проведении генотипирования оптимальное объединение SSR-маркеров в мультиплексных наборах позволило нам эффективно идентифицировать целевые фрагменты при выполнении фрагментного анализа, данные приведены в табл. 4.

Данные о составе аллелей, полученные с помощью 12 SSR-маркеров, были использованы для построения дендрограммы генетического сходства 47 сортов груши (см. рисунок).

По результатам анализа все сорта были распределены на 6 кластеров. Сорта, входящие в I и VI кластеры, показали наибольшую генетическую отдаленность от остальных изученных образцов. Это сорт китайской селекции Чуспан, происхождение которого связано с грушей уссурийской, и сорт казахской селекции Талгарская красавица, полученный от свободного опыления сорта Fondante de Bois [16] предположительно пыльцой сорта, производного груши *P. pyrifolia*.

Сорта, полученные в результате скрещивания европейских сортов с уссурийской грушей, распределились в два кластера − II и IV, совместно с сортами европейской груши. Такое распределение говорит о схожести их геномов. Следует отметить, что бóльшая часть сортов, составляющих II кластер, − сорта российской селекции Десертная россошанская, Мраморная, Чижовская, Сеянец Яковлева 111, Потаповская, у которых в родословной присутствует *P. ussuriensis* и общая родительская форма Лесная красавица, что обусловило их близкое генетическое расстояние.

Сорта III и V кластеров показали генетическую отдаленность, так как являются производными от *P. pyrifolia* и потомками первого поколения *P. communis* × *P.*× *pyrifolia* Косуи (Kikusui × × Wase Kozo), Восточная золотистая (*P. pyrifolia* × Гнокко), Деканка новая (*P. pyrifolia* × Doyenne d'Hiver).

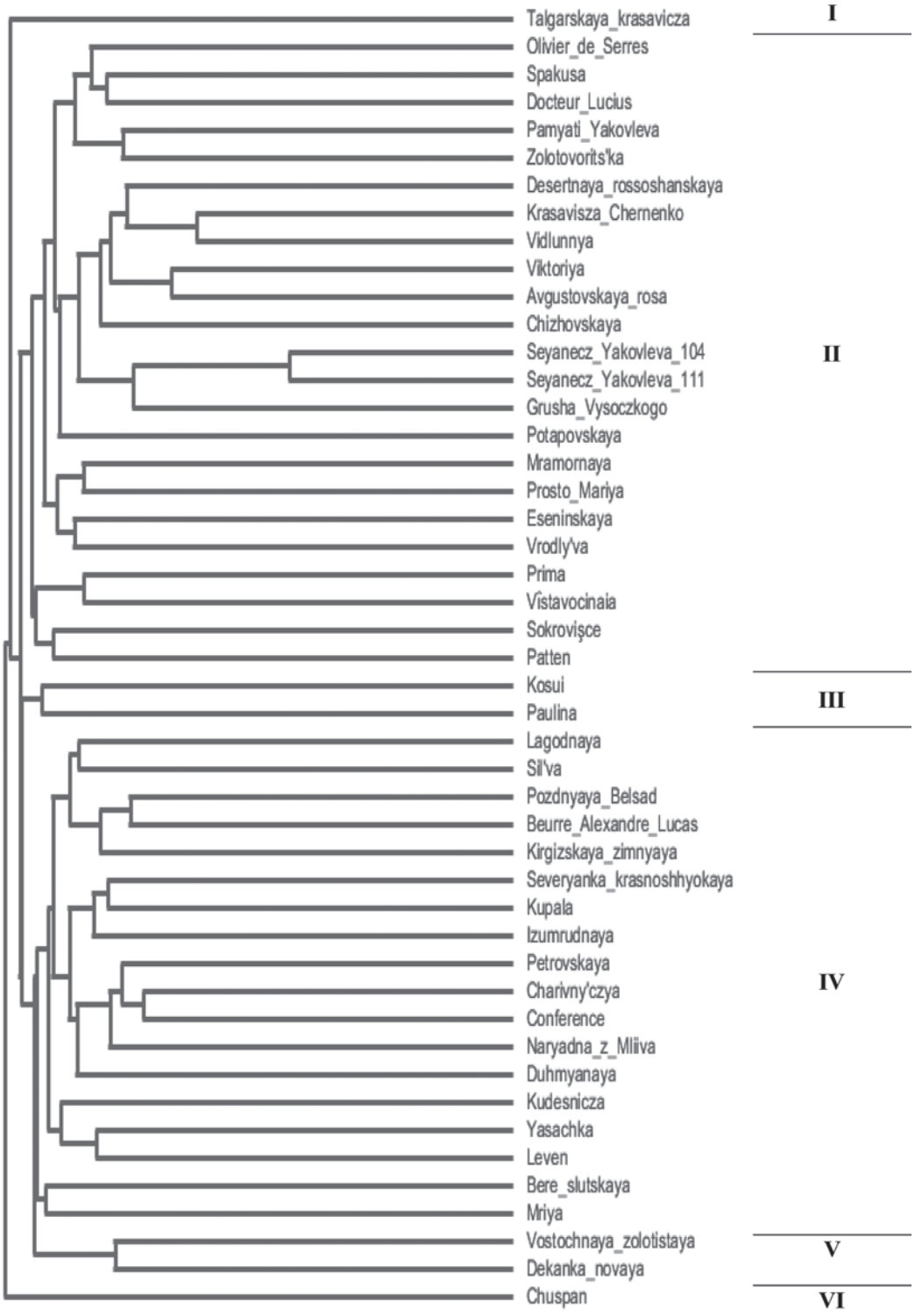
Таким образом, наибольшие генетические расстояния разделяют представителей разных видов, потомки вида *P. communis* более генетически однородны. Довольно четко выделяются подгруппы сортов, имеющих в своем происхождении общую родительскую форму – Лесная красавица.

Таблица 4. **Микросателлитные ДНК-профили изучаемых сортов груши**

Образец	Микросателлитные маркеры											
	CH01c06 A	CH02b10 B	CH04h02 D	CH03d12 E	CH05c06 G	EMPc11 H	EMPc117 J	CH01d09 K	CH04e03 L	GD147 M	CH01f07a N	CH01d08 O
	Мультиплексные наборы											
	1		2		3		4			5		
	147–165	108–133	160–209	86–130	88–118	140–155	99–119	133–156	179–205	118–124	177–195	278–283
Августовская роса	147;155	118	181	109;126	89;111	142;149	115;119	141;153	172;192	120	180	278
Бере Александр Люка	149;155	123;127	181	109;126	92;98	150;154	104;119	152;158	187;200	123;131	184;219	285
Бере слуцкая	151;156	125;129	163;181	113	92;109	141;149	115;119	143;151	194;198	122;132	182;198	286
Видлуння	147;149	118	181	86;109	93;111	149;151	117;119	134;153	177	120;126	180	284
Виктория	147	118;131	181	109;126	89;93	149;152	94;121	155	177;183	120;122	180	278;284
Восточная золотистая	155	110;131	181	113	110;116	149;154	94;109	131;142	212	122;134	190;210	283
Вродлыва	147	118;124	181	109;126	88;93	149;156	120;124	149;153	191	121	200;207	280;288
Выставочная	150	124;132	181	113	96;114	154	120	132;152	172;190	118	182;199	285
Груша Высоцкого	147;150	132	181;201	113;126	89;92	145;152	119	154	185	118;120	180	279;284
Деканка новая	155	110;123	181;185	98;126	87;97	148;153	103	142;157	203	122;134	182;190	280;283
Десертная россошанская	146;149	123;131	161;181	125	93;111	149;151	113;121	141;155	191	120;130	180	282;284
Доктор Люциус	147;149	116;123	180;182	109;126	89;95	141;155	109;117	134;155	177;182	119;121	169;180	278;288
Духмяная	147;149	116;131	170;182	109	94;112	144;154	108;124	156	192	123	183	286
Есенинская	147;163	132	181;191	109;126	88;94	147;152	115	130;148	183;192	111;121	181	278
Золотоворотская	155;157	132	181	130	89;95;111	142;149	117	130;155	182	122;126	180	282;284
Изумрудная	147	117;131	181	108;121	96;112	153	101	–	183	123	181;207	280
Киргизская зимняя	149;155	123;131	181	112;126	104;112	150	120;126	132;152	184;198	123	182	280;286
Конференция	147;149	124;128	181	109;126	89;95	140;153	115;119	157	185;200	122	182;200	281
Косуи	155;157	110;118	181	103;109	92;111	155;159	98;117	157	180;188	124;138	188	281;298
Красавица Черненко	147;149	132	181	109	93;109	151	117	134;157	191	120	180;203	284;288
Кудесница	147;155	123;131	179;200	94;112	96;109	141;153	119;121	131;141	187;197	123;134	182;199	281;285
Купала	147	123;131	162;181	108;112	96;112	142;154	122	150;157	172;192	123;127	182	287
Лагодная	147;155	116;131	181	112;126	96;113	154	117;115	140;155	186;196	120;137	174;182	278;284
Левен	149	131	180;200	113	92;98	154	–	157	193;197	122;126	183	281;287
Мраморная	147;149	128;132	162;181	90;126	89;112	140;150	113	141;155	192	119;128	181	281;286
Мрия	147	113;131	181	110	95;113	139;147	117;123	133;152	193	122;132	183	286
Нарядная из Млиева	147	131	181	109	93;113	144;157	120	155	185	117;123	182;200	286
Оливье де Серр	147;155	123;131	179;182	120;126	95;110	141;150	115	130;155	183	120;126	180	279;282
Памяти Яковлева	147;157	132	180	92;126	95;111	149;151	117;125	141;155	182;193	124	180	282
Паттен	146;148	117	181	107	88;93	151;155	113;122	182	192	120	180	284;288
Паулина	149;157	116;118	181	111;130	102;117	145;159	122;126	154	198;200	125;127	184;205	283;285

Окончание табл. 4

Образец	Микросателлитные маркеры											
	CH01c06 A	CH02b10 B	CH04h02 D	CH03d12 E	CH05c06 G	EMPc11 H	EMPc117 J	CH01d09 K	CH04e03 L	GD147 M	CH01f07a N	CH01d08 O
	Мультиплексные наборы											
	1		2		3		4			5		
	147–165	108–133	160–209	86–130	88–118	140–155	99–119	133–156	179–205	118–124	177–195	278–283
Петровская	147;149	117;131	173;181	109	93;111	147;153	105;119	151;155	188	121	182	281
Поздняя Белсад	149;155	116;127	181;187	126	98;114	154	–	152	198	126;133	184	284
Потаповская	147;157	120;132	178;181	86	91;95	150;154	120	159	170	120;124	256	284
Прима	149	124;132	201	111;113	96;114	138;148	98;122	155	172;192	112;121	180	279;289
Просто Мария	147;155	116;131	181	109;126	89;112	139;151	113;121	132;149	189;193	119;121	180	285;289
Северянка краснощекая	147;163	131	173;181	109;111	96;114	136;154	103;115	153;157	194	123	182;232	244
Сеянец Яковлева 104	147;171	131	201	113	89;99	145	119;122	134;148	167	120	180	278
Сеянец Яковлева 111	147;171	132	201	113	89;99	145	118;122	134;147	167	120	180	278
Сильва	147	138	181	126	92;98	153	118	132;140	179;184	123	182;207	282
Сокровище	148	131	181	113;127	109	140;151	117	147;155	172;195	112;119	180	283
Спакуса	147;149	124;132	163;178	111;126	89;95	147;150	100;121	131;155	189	120;128	180	278;288
Талгарская красавица	146;154	109;130	173;180	125	89;106	149;155	126	133	212	121;123	182;186	279
Чаривныца	147	131	182	109;113	93;98	143;153	118	153;157	184	122	182	281;286
Чижовская	147;157	118;120	185;201	86	93;111	145;147	121	155;167	172;191	120;136	180	284
Чуспан	151	110	165;171	86	113;125	149;160	118	136;140	193;197	131;137	217;222	285
Ясачка	147;155	116;132	180;187	109	93;111	141;144	115;121	133;157	184;193	122;126	182	281;287



Дендрограмма генетического сходства 47 сортов груши

В целом сорта западноевропейской, российской и белорусской селекции не показали существенных различий, поскольку они обладают определенной общностью происхождения. Все это подтверждает высокую информативность использованных в данном исследовании EDPGR-маркеров при оценке степени генетического родства образцов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методом SSR-анализа с использованием набора молекулярных маркеров, рекомендованных EDPGR, можно успешно идентифицировать сорта груши как для пополнения национальной паспортной базы Республики Беларусь, так и обмена данными по всему миру.

Данная маркерная система продемонстрировала высокий уровень полиморфизма при генотипировании 47 сортов груши различного генетического и географического происхождения из национальной коллекции РУП «Институт плодоводства», выявив 249 аллелей. Самый высокий коэффициент полиморфизма, а следовательно, и уровень информативности, был установлен для маркера GD147 (0,95).

В результате микросателлитного анализа изучаемой коллекции получены молекулярно-генетические формулы 47 образцов груши, пополнившие национальную паспортную базу.

Посредством полученной дендрограммы генетического сходства установлено, что сорта западноевропейской, российской и белорусской селекции не имеют существенных различий, в то время как азиатские представители, заняв отдельные ветви дендрита, находятся на значительном генетическом удалении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Якимович, О. А. Коллекция груши РУП «Институт плодоводства» − национальное достояние Республики Беларусь / О. А. Якимович // Биология растений и садоводство: теория, инновации : сб. науч. тр. / НБС-ННЦ ; редкол.: Ю. В. Плугатарь (гл. ред.) [и др.]. – Крым, 2017. – Т. 144, № 1. – С. 83–87.

2. Varshney, R. K. Genomics-assisted breeding for crop improvement / R. K. Varshney, A. Graner, M. E. Sorrells // Trends in Plant Science. – 2005. – Vol. 10, № 12. – P. 621–630.

3. 15 years of GDR: new data and functionality in the genome database for Rosaceae / S. Jung, T. Lee, C. H. Cheng [et al.] // Nucleic Acids Research. – 2019. – Vol. 47, № D1. – P. 1137–1145.

4. The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis / W. Powell, M. Morgante, C. Andre [et al.] // Molecular Breeding. – 1996. – Vol. 2. – P. 225–238.

5. Mapping of disease-related genes in Japanese pear using a molecular linkage map with RAPD markers / H. Iketani, K. Abe, T. Yamamoto [et al.] // Breeding Science. − 2001. – Vol. 51. – P. 179–184.

6. Identification of Asian pear varieties by SSR analysis / T. Kimura, Y. Z. Shi, M. Shoda [et al.] // Breeding Science. – 2002. – Vol. 52. – P. 115–121.

7. Development and characterisation of 140 new microsatellites in apple (*Malus* × *domestica* Borkh.) / R. Liebhard, L. Gianfranceschi, B. Koller [et al.] // Molecular Breeding. – 2002. – Vol. 10, № 4. – P. 217–241.

8. Полиморфизм SSR-аллелей сортов груши, выращиваемых в Беларуси / О. Ю. Урбанович, З. А. Козловская, О. А. Якимович, Н. А. Картель // Генетика. – 2011. – Т. 47, № 3. – С. 349–358.

9. Анализ полиморфизма микросателлитных локусов сортов и видов груши (*Pyrus*) / Н. А. Яковин, И. А. Фесенко, А. В. Исачкин, Г. И. Карлов // Генетика. – 2011. – Т. 47, № 5. – С. 643–650.

10. Development of microsatellite markers in the Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) / T. Yamamoto, T. Kimura, M. Shoda [et al.] // Molecular Ecology Notes. – 2002. – Vol. 2, № 1. – P. 14–16.

11. Genetic diversity in collection of European pear (*Pyrus communis*) cultivars determined with SSR markers chosen by ECPGR / J. Senic, L. Garkava-Gustavsson, F. Fernández-Fernández, H. Nybom // Scientia Horticulturae. – 2012. – № 145. – P. 39–45.

12. Genetic diversity and similarity of pear (*Pyrus* L.) cultivars native to East Asia revealed by SSR (simple sequence repeat) markers / L. Bao, K. Chen, D. Zhang [et al.] // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2007. – Vol. 54. – P. 959–971.

13. Evans, K. M. Harmonising fingerprinting protocols to allow comparisons between germplasm collections – *Pyrus* / K. M. Evans, F. Fernández-Fernández, C. Govan // Acta Horticulturae. – 2009. – Vol. 814. – P. 103–106.

14. Генетические ресурсы растений в Беларуси: мобилизация, сохранение, изучение и использование / НАН Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию ; редкол.: Ф. И. Привалов (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Четыре четверти, 2019. – 452 с.

15. Nei, M. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases / M. Nei, W. H. Li // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 1979. – Vol. 76. – P. 5269–5273.

16. Марцинкевич, Т. Н. Оценка гибридного потомства сорта Талгарская красавица на устойчивость к парше груши и выявление фрагмента гена устойчивости / Т. Н. Марцинкевич, О. А. Якимович, З. А. Козловская // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – Т. 29. – С. 41–47.

RESULTS OF MARKER-ASSISTED PEAR BREEDING IN BELARUS

T. N. MARCINKEVICH, T. A. GASHENKO, O. A. YAKIMOVICH, YU. G. KONDRATENOK, A. M. RYMKO

Abstract

DNA markers represent an alternative to classical breeding for the selection of cultivars and hybrids based on economically valuable traits. This article presents the results of applying a marker-assisted selection (MAS) method for the identification of pear genotypes in the national collection of the Republic of Belarus. Genetic profiles were obtained for 47 pear accessions using the EDPGR-recommended set of markers, which enables generation of comparable data across laboratories worldwide, thus contributing to a more efficient evaluation of Belarusian genetic resources, variety protection, and coordinated international data exchange. The markers were grouped into duplex and triplex multiplex sets to improve the efficiency of genotyping through simultaneous analysis at multiple loci using fragment analysis. Cluster analysis revealed intraspecific genetic relationships among the studied pear cultivars. A dendrogram illustrating genetic similarity was constructed.

Keywords: pear, collection, marker-assisted selection, EDPGR markers, molecular genetic profiles, Belarus.

Поступила в редакцию 06.03.2025

УДК 634.13:631.526.32:581.162.3(476)

СОРТА-ОПЫЛИТЕЛИ ДЛЯ МОНОСОРТНЫХ САДОВ ГРУШИ В БЕЛАРУСИ

О. А. ЯКИМОВИЧ, Т. Н. МАРЦИНКЕВИЧ

РУП «Институт плодоводства,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: pear.belsad@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся результаты изучения в РУП «Институт плодоводства» сроков цветения, качества пыльцы, самоплодности, эффективности взаимоопыляемости наиболее востребованных в Беларуси коммерческих сортов груши: Белорусская поздняя, Бере Александр Люка, Завея, Просто Мария, Спакуса, Талгарская красавица, Конференция и находящегося на государственном испытании нового сорта Калядная. В зависимости от метеорологических условий, предшествующих вегетации, начало цветения изученных сортов наступает при сумме эффективных температур выше 5 °С 142–193 °С. Отмечено ежегодное совпадение сроков их цветения на протяжении 5 дней. Пыльцой с уровнем фертильности не менее 75 % и жизнеспособности не менее 18 % характеризовались сорта Белорусская поздняя, Просто Мария, Спакуса и Конференция. Установлена самоплодность сортов Талгарская красавица, Спакуса, Калядная, частичная самоплодность сортов Белорусская поздняя, Конференция и Просто Мария. Определена взаимоопыляемость сортов, в качестве универсального опылителя для моносортных насаждений выделен сорт Просто Мария.

Ключевые слова: груша, сорт, пыльца, самоплодность, опылитель, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Экстремальность климата, в том числе ухудшение погодных условий во время цветения плодовых культур, в частности груши, неблагоприятная экологическая обстановка, приведшая к резкому сокращению насекомых-опылителей, прежде всего пчел [1], неприятный амилоидный запах цветов груши, что делает ее менее посещаемой насекомыми [2], а также самостерильность (автостерильность, или самобесплодность, – неспособность сформировать плоды при опылении своей пыльцой) вызывают необходимость поиска самоплодных сортов груши и универсальных сортов-опылителей для закладки промышленных высокотоварных моносортных садов. Опылители должны иметь высококачественную пыльцу (фертильную и жизнеспособную), совпадать по срокам цветения с опыляемым сортом, способствовать качественному опылению не одного сорта.

Грушу считают самобесплодной культурой, так как число сортов, самоплодность которых определена, не так много. По литературным данным, на постсоветском пространстве в селекционных центрах с 1934 по 1992 г. выделено лишь 40 сортов и гибридов с данным свойством: Сапежанка, Сладкая, Любимица Яковлева, Осенняя Яковлева, Заря, Светлянка, Памяти Яковлева, Северянка, Соната, Краснокутская летняя, Колхозная, Триумф Пакгама, Вильямс, Вильямс красный, Бере ранняя Мореттини, Мария-Луиза, Бере Клержо, Кюре, Жозефина Михельнская, Бергамот Эсперена, Добрая Луиза, Дюшес Ангулем, Кольмар зимний, Люциус, Бере Аманли, Скороспелка из Треву, Лазурная, Гранд чемпион, Таврическая, Крымская зимняя, Васса, Колетт, Виктория, Левавассер, Любимица Клаппа, Белорусская поздняя, Орловская красавица, Северянка, 15-15-35, 15-15-73 [1]. В исследованиях 2007–2024 гг. рядом исследователей выделены следующие самоплодные сорта и элитные формы: СІІІ 11-14, Видная, Бессемянка [3], Купава [4], Юбилейная Корнеева, Банкетная, Память Корнеева, Фермата [5], а также частично самоплодные: Бергамот Дагестана, Дагестанская летняя [6], Очарование лета, Рада, Дива, Лучистая [7]. В результате изучения в 2013 и 2014 гг. районированного в Беларуси сортимента груши установлена самоплодность сортов Памяти Яковлева, Спакуса, Чижовская, Вилия, Кудесница и частичная самоплодность сортов Купала, Десертная россошанская, Просто Мария. Подтверждена самоплодность сортов Памяти Яковлева и Белорусская поздняя [8].

Благодаря постоянной селекционной работе и получению новых сортов возникает необходимость поиска для них опылителей, которые будут способствовать получению стабильно высоких урожаев [4, 6, 7, 9–12].

В промышленных насаждениях груши Италии, Нидерландов, Франции, Польши, Турции и других стран широко распространены закладки садовых кварталов одним коммерческим сортом. Такие моносортные насаждения плодовых культур имеют ряд преимуществ: упрощенный уход (защита от болезней и вредителей, внесение удобрений), одновременное созревание плодов, высокая товарность, большой объем продукции в короткие сроки, уборка плодов, разработанные схемы хранения и транспортировки плодов. Французские исследователи пошли по пути поиска лучших опылителей для основных промышленных сортов Williams, Conference и Doyenné du Comice среди видов *Pyrus amygdaliformis*, *P. longipes*, *P. nivalis*, *P. salicifolia*, *P. betulaefolia*, *P. syriaca*, выделив клон P337-41 от *P. betulaefolia* [13].

В РУП «Институт плодоводства» в рамках выполнения задания 2.65: «Исследование биологических особенностей опыления и оплодотворения новых сортов плодовых культур и выделение для них лучших сортов-опылителей» подпрограммы «Селекция сельскохозяйственных культур» ГПНИ «Инновационные технологии в АПК», 2011–2015 годы в РУП «Институт плодоводства» проведены исследования по подбору сортов-опылителей для современного сортимента плодовых культур и фундука [8, 14–16].

Изменение климатических условий, постоянное совершенствование сортимента груши в Беларуси за счет районирования востребованных коммерческих сортов (Бере Александр Люка (Beurré Alexandre Lucas) (2016 г.), Талгарская красавица (2019 г.), Завея® (2022 г.)) и создания новых (Калядная (2024 г.)) [17] обуславливает необходимость изучения сроков цветения, качества пыльцы, самоплодности и взаимоопыляемости с ранее выделенными широко распространенными сортами [18] для возможности их возделывания в моносортных садах.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2021 и 2022 гг. в отделе селекции плодовых культур РУП «Институт плодоводства». Объектами исследования стали районированные сорта груши: Белорусская поздняя, Бере Александр Люка, Завея, Просто Мария, Спакуса, Талгарская красавица, Конференция и находящийся на государственном испытании новый сорт Калядная. Подвой – Сеянец Виневки.

Исследования проведены согласно «Генетическим основам и методике селекции плодовых культур и винограда» (Минск, 2019) [19]. Оценку степени фертильности или гаметической стерильности пыльцы груши осуществляли ацетокарминовым методом. Жизнеспособность пыльцы сортов груши определяли проращиванием ее в 20%-ном водном растворе сахарозы и подсчетом количества проросших пыльцевых зерен через 24 ч. Самоплодность определяли изоляцией не менее 200 бутонов каждого сорта, где происходило естественное самоопыление. Степень самоплодности устанавливали процентом завязавшихся плодов (полезной завязи) по отношению к контролю (свободному опылению). У самоплодных сортов процент сформированных плодов близок к контролю, частично самоплодных – 20–50 %, самобесплодных – ниже 20 %. Для определения рекомендуемых опылителей было опылено 11 200 цветков по 56 комбинациям скрещивания ежегодно. По каждой комбинации скрещивания изолировали и опыляли не менее 200 цветков. Лучшими опылителями считали те сорта, которые обеспечили процент завязавшихся плодов выше контроля, равный или близкий к нему в многосортном саду. Контролем было количество плодов, образованных в результате свободного опыления. Сорта, обеспечивающие завязывание плодов на 60–70 % по отношению к контролю, относили к допустимым опылителям. Лучшие и допустимые опылители были объединены в группу рекомендуемых опылителей [19].

Погодные условия зимы 2020/2021 г. отличались затяжным морозным периодом и обилием осадков, что обеспечило хорошую закалку плодовых растений. Средняя температура декабря была –1,2 °С (на 2,2 °С выше нормы), минимальная температура зафиксирована 8 декабря (–9,6 °С). Выпало 99 % от нормы (49 мм) осадков. Среднемесячная температура января (–4,2 °С) соответствовала норме, минимальная (–28,7 °С) – отмечена 17 января. Наблюдались обильные снегопады (109 мм осадков, что составляло 235 % от нормы (47 мм)). Продолжительный морозный период в феврале (с минимальной температурой –28,1 °С (08.02)) сменился резким подъемом

до +11,4 °С (25.02). Фактическая температура месяца составила –6,8 °С, что на 3,2 °С ниже нормы. Выпало 39 мм осадков, или 99 % от нормы. Резкие и продолжительные похолодания в январе и феврале привели к повреждению цветковых почек, подмерзанию коры и древесины у ряда сортов плодовых культур. Условия весеннего периода 2021 г. характеризовались пониженным температурным режимом и умеренным количеством осадков (81 %). Погодные условия марта соответствовали климатической норме: +0,6 °С при средней многолетней +0,7 °С. Холодный апрель с ночными заморозки до –4,3 °С на поверхности почвы (26.04) и пониженные температуры мая задержали период начала вегетации по сравнению с многолетними наблюдениями.

Зима 2021/2022 г. характеризовалась периодами похолодания с оттепелями. Температурный режим в декабре был близок к норме, но с дефицитом осадков. В январе и феврале наблюдали по 18 дней с оттепелями. Январь характеризовался перепадами температуры от –12,4 °С (12.01) до +3,0 °С (14.01), февраль – от –6,0 °С (04.02) до +1,0 °С (07.02). Минимальные температуры воздуха отмечены 04.02: –9,0 °С (–15,5 °С на поверхности почвы); 24–25.02: –9,4 °С. Весна была холодная и затяжная, с неустойчивым температурным режимом. Температура первой декады марта была на уровне средней многолетней. Резкое похолодание воздуха до –8,1 °С и –11,4 °С на поверхности почвы (ниже климатической нормы на 4 °С) сменилось потеплением до +4,2 °С, и повторно температура понизилась до –0,4…–0,6 °С (17–18.03). Несмотря на то, что начиная с 21.03 средняя температура воздуха перешла за границу ≥ 5 °С, на поверхности почвы преобладали минусовые температуры. Весь апрель характеризовался пониженным температурным режимом и избыточным количеством осадков. Преобладающая среднесуточная температура воздуха была ниже климатической нормы на 1–3 °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сроки цветения. Затяжная холодная погода начала вегетации 2021 и 2022 гг. с частым выпадением осадков отразилась на сроках начала цветения: задержка в сроках начала цветения составила 10–14 дней по сравнению с данными среднемноголетних наблюдений. Сроки и длительность цветения изучаемых сортов за два года изучения совпали: 12–26 мая 9–12 дней в 2021 г. и 13–26 мая 9–11 дней в 2022 г. (рис. 1, 2).

Сорт	Май														
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Бере Александр Люка						×	×	×	×	×					
Завея						×	×	×	×	×					
Белорусская поздняя						×	×	×	×	×					
Просто Мария						×	×	×	×	×					
Конференция						×	×	×	×	×					
Спакуса						×	×	×	×	×					
Калядная						×	×	×	×	×					
Талгарская красавица						×	×	×	×	×					

Рис. 1. Календарные сроки цветения сортов груши, 2021 г.

Сорт	Май													
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Бере Александр Люка						×	×	×	×	×				
Завея						×	×	×	×	×				
Белорусская поздняя						×	×	×	×	×				
Просто Мария						×	×	×	×	×				
Конференция						×	×	×	×	×				
Спакуса						×	×	×	×	×				
Калядная						×	×	×	×	×				
Талгарская красавица						×	×	×	×	×				

Рис. 2. Календарные сроки цветения сортов груши, 2022 г.

На начало цветения всех изучаемых сортов сумма эффективных температур выше 5 °С ($\Sigma t_{эф} \geq 5$ °С) в 2021 г. составила 146–193 °С, в 2022 г. – 142–168 °С. В период массового цветения (17–21 мая) $\Sigma t_{эф} \geq 5$ °С в 2021 г. была в интервале 193–223 °С, в 2022 г. (18–22 мая) – 168–205 °С.

Сорта груши разделились на раноцветущие (Бере Александр Люка, Белорусская поздняя, Завея, Просто Мария), среднецветущие (Конференция, Спакуса, Калядная) и поздноцветущие (Талгарская красавица). Совпадение сроков цветения на 5 дней дает теоретическую возможность опылять друг друга. Цветение сорта Завея сместилось на более ранние сроки в отличие от условий 2014–2015 гг. [14].

Качество пыльцы является важнейшим критерием при выборе опылителя. Лабораторные исследования показали высокий процент фертильности (морфологически правильно сформированных пыльцевых зерен) за годы изучения: от 75 % у сорта Бере Александр Люка до 93 % – Спакуса. Невысокий процент (4–32 %) жизнеспособных пыльцевых зерен сортов груши, вероятно, вызван похолоданием в период цветения. В каждом сорте были замечены цветки с подмерзшими пестиками. Несмотря на это, у сортов Белорусская поздняя (18 и 25 %), Просто Мария (20 и 22 %), Спакуса (32 и 27 %) и Конференция (18 и 21 %) наблюдали самый высокий процент проросших пыльцевых зерен, а самый низкий – у сортов Бере Александр Люка (7 и 8 %) и Завея – (9 и 4 %) в 2021 и 2022 гг. соответственно (табл. 1). Низкая жизнеспособность пыльцы сорта Бере Александр Люка доказана в исследованиях польских и чешских ученых [12] и связана с его триплоидностью [20].

Таблица 1. **Фертильность и жизнеспособность пыльцы сортов груши (2021–2022 гг.), %**

Сорт	Фертильность пыльцы		Жизнеспособность (число проросших пыльцевых зерен)	
	2021	2022	2021	2022
Бере Александр Люка	75	88	7	8
Завея	80	83	9	4
Белорусская поздняя	86	89	18	25
Просто Мария	85	75	20	22
Конференция	85	92	18	21
Спакуса	93	88	32	27
Калядная	79	85	15	13
Талгарская красавица	83	78	16	14

Проведенные исследования в ФГБНУ «ВНИИЦиСК» показали, что жизнеспособность пыльцы сортов груши не является определяющим фактором эффективности опыления, основное значение в процессе опыления имеет совместимость сортов [21].

Наиболее высокой самоплодностью характеризовался сорт груши Талгарская красавица (100–105 % полезной завязи по отношению к свободному опылению) (табл. 2).

Таблица 2. **Результаты самоопыления и подбора опылителя для сортов груши (2021–2022 гг.), % полезной завязи**

Опыляемый сорт (♀)	Опылитель (♂)							
	Бере Александр Люка	Завея	Белорусская поздняя	Просто Мария	Конференция	Спакуса	Калядная	Талгарская красавица
Бере Александр Люка	0	38	**67**	**79**	11	44	**73**	51
Завея	24	0	**230**	**64**	**130**	5	**88**	**103**
Белорусская поздняя	46	**62**	51–53	**62**	**69**	**68**	**61**	**89**
Просто Мария	10	11	20	0–22	**71**	**65**	41	24
Конференция	**80**	46	**65**	**115**	50–67	**172**	40	46
Спакуса	**72**	**76**	**223**	**142**	42	70–72	**116**	**91**
Калядная	**113**	**73**	**61**	**114**	**123**	**210**	68–70	**66**
Талгарская красавица	50	**81**	**109**	**87**	**68**	52	**109**	100–105

К самоплодным сортам также были отнесены сорта Спакуса (70–72 %), Калядная (68–70 %); к частично самоплодным – Белорусская поздняя (51–53 %). Сорт груши Конференция в 2021 г. характеризовался частично самоплодным (50 %), в 2022 г. – самоплодным (67 %). В 2021 г. сорт Просто Мария проявил себя самобесплодным, а в 2022 г. – частично самоплодным (22 %). Самобесплодными оказались сорта Бере Александр Люка и Завея. Несмотря на сильную изменчивость этого явления, т. е. один и тот же сорт в разных эколого-географических условиях может проявлять разную его степень [1], подтверждена склонность к самоплодности сортов Белорусская поздняя, Спакуса, Просто Мария и Конференция, а также самобесплодность сортов Завея и Бере Александр Люка, причина последнего, вероятно, связана с его триплоидностью [20].

Таким образом, для получения стабильных урожаев в моносортных насаждениях сортов груши Бере Александр Люка и Завея обязательно необходимы опылители. Для сорта Бере Александр Люка из изученных сортов подходят Белорусская поздняя, Просто Мария и Калядная; для сорта Завея – Белорусская поздняя, Просто Мария, Конференция, Калядная и Талгарская красавица. Повысят урожайность сорта Белорусская поздняя все изученные опылители, кроме сорта Бере Александр Люка, а для сорта Спакуса – все, кроме сорта Конференция. Для сорта Просто Мария выделены рекомендованные опылители Конференция и Спакуса; для сорта Конференция – Бере Александр Люка, Белорусская поздняя, Просто Мария и Спакуса. Новый сорт груши Калядная эффективно может опыляться всеми изученными сортами.

Высокая самоплодность сорта Талгарская красавица, вероятно, вызвана партенокарпией, так как при естественном самоопылении семена во всех плодах отсутствовали. Тем не менее для обеспечения стабильной урожайности в моносортном саду рекомендуется использовать такие опылители, как Завея, Белорусская поздняя, Просто Мария, Конференция и Калядная.

ВЫВОДЫ

В центральной плодовой зоне Беларуси для начала цветения коммерческих сортов груши Белорусская поздняя, Бере Александр Люка, Завея, Просто Мария, Спакуса, Талгарская красавица, Конференция и Калядная сумма эффективных температур выше 5 °С составила 142–193 °С. В период цветения всех изученных сортов сроки прохождения данной фенофазы совпадали на протяжении 5 дней.

Высоким качеством пыльцы характеризовались сорта Белорусская поздняя, Просто Мария, Спакуса и Конференция. Высокая фертильность пыльцы, но низкая жизнеспособность отмечена у сортов Бере Александр Люка и Завея.

Выявлена высокая самоплодность казахского сорта Талгарская красавица (100–105 %), вызванная партенокарпией. Сорта груши Спакуса, Калядная, Конференция характеризовались самоплодностью на уровне 50–72 %, а Белорусская поздняя и Просто Мария – частичной самоплодностью – 22–53 %.

Определена взаимоопыляемость сортов. Сорт Просто Мария может рекомендоваться универсальным опылителем для моносортных садов всех 7 изученных сортов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Панова, Н. И. Самоплодность некоторых сортов и гибридных форм груши : дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.05 / Панова Наталия Ивановна ; ВСТИСП. – М., 2000. – 179 л.

2. Душутина, К. К. Селекция груши / К. К. Душутина. – Кишинев : Картя Молдовеняскэ, 1979. – 196 с.

3. Гиричев, В. С. Самоплодность элитных форм груши селекции ВСТИСП / В. С. Гиричев. – 2007. – URL: http://vniispk.ru/news/konferenciya_2007/article.php?id=7 (дата обращения: 27.11.2014).

4. Пучкин, И. А. Взаимоопыляемость сортов груши, районированных в Алтайском крае / И. А. Пучкин // Состояние и перспективы развития сибирского садоводства : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию ГНУ НИИСС Россельхозакадемии, г. Барнаул, 20–22 авг. 2013 г. / Науч.-исслед. ин-т садоводства Сибири им. М. А. Лесовенко ; отв. ред. В. И. Усенко. – Барнаул, 2013. – С. 276–282.

5. Солонкин, А. В. Выделение исходных форм при изучении самоплодности Нижневолжских сортов груши / А. В. Солонкин, О. А. Никольская, Е. Н. Киктева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2021. – № 1 (61). – С. 103–112.

6. Алибеков, Т. Б. Исследования степени самоплодности, взаимоопыляемости и подбор лучших сортов-опылителей для новых селекционных сортов груши Дагестана / Т. Б. Алибеков, Р. Г. Зубаиров, С. Ю. Погосова // Проблемы развития АПК региона ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джамбулатова» МСХ РФ. – 2017. – № 1 (29). – С. 6–10.

7. Бабина, Р. Д. Взаимоопыляемость и самоплодность новых сортов груши селекции Никитского ботанического сада и Крымской опытной станции садоводства / Р. Д. Бабина, Е. А. Чакалова, О. В. Коваленко // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2024. – Т. 26, № 4 (130). – С. 372–378.

8. Якимович, О. А. Предварительные результаты изучения самоплодности сортообразцов груши / О. А. Якимович // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сб. науч. ст. по материалам XVIII Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 27 марта, 15 мая 2015 г. / ГГАУ ; отв. за выпуск В. В. Пешко [и др.]. – Гродно, 2015. – С. 136–138.

9. Сатибалов, А. В. Подбор лучших сортов-опылителей для груши в предгорьях Кабардино-Балкарии / А. В. Сатибалов // Плодоводство и виноградарство Юга России. – URL: http://journal.kubansad.ru/get/78/ (дата обращения: 01.02.2017).

10. Cerović, R. Success rate of individual pollinizers for the pear cultivars ‘Ingeborg’ and ‘Celina’ in a Nordic climate / R. Cerović, M. F. Akšić, M. Meland // Agronomy. – 2020. – № 10 (970). – P. 1–17.

11. Study on pollination and selection of the most suitable pollinizers for commercial pear cultivars (*Pyrus communis* L.) in Iran / M. Tatari, A. Ghasemi, A. Mousavi, H. Bahrami // Journal of Horticultural Research. – 2017. – № 25 (2). – P. 49–57.

12. Evaluation of pollen quality and self-fertility in selected cultivars of Asian and European pears / M. Bieniasz, T. Necas, E. Dziedzic [et al.] // Not Bot Horti Agrobo. – 2017. – № 45 (2). – P. 375–382.

13. Le Lezec, M. A selection from *Pyrus betulaefolia* as a new pollinator for the main *Pyrus communis* cultivars / M. Le Lezec, A. Belouin, M. H. Simard // Acta Horticulturae. – 2005. – № 671. – P. 253–255.

14. Рекомендации по подбору сортов-опылителей для современного сортимента плодовых культур и фундука / В. В. Васеха, З. А. Козловская, М. Н. Васильева [и др.] / Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2016. – Т. 28. – С. 346–355.

15. Исследование биологических особенностей опыления и оплодотворения новых сортов плодовых культур и выделение для них лучших сортов-опылителей : отчет о НИР (заключ.) / Ин-т плодоводства ; рук. З. А. Козловская ; исполн.: В. А. Матвеев, А. А. Таранов, С. А. Ярмолич [и др.]. – Минск, 2015. – 97 с. – № ГР 20140566.

16. Якимович, О. А. Взаимоопыляемость сортов груши в Беларуси / О. А. Якимович, Т. Н. Богдан // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – Т. 29. – С. 34–40.

17. Сорта плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда, включенные в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений и находящиеся на испытании в Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений / Ин-т плодоводства ; отв. за вып. В. В. Васеха. – Самохваловичи : [б. и.], 2024. – 32 с.

18. Подбор сортов-опылителей для промышленных моносортных товарных насаждений плодовых культур / О. А. Якимович, Т. А. Гашенко, С. А. Ярмолич [и др.] // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Гродн. гос. аграр. ун-т ; под ред. В. В. Пешко. – Гродно, 2024. – Т. 64. Агрономия. – С. 188–196.

19. Генетические основы и методика селекции плодовых культур и винограда / З. А. Козловская, С. А. Ярмолич, О. А. Якимович [и др.] ; под общ. ред. З. А. Козловской. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 249 с.

20. Каталог мировой коллекции ВИР. Груша. Вып. 267 / ВАСХНИЛ ВИР ; сост. А. С. Туз [и др.]. – Л. : ВИР, 1979. – 222 с.

21. Киселёва, Н. С. Особенности опыления груши в условиях влажных субтропиков юга России / Н. С. Киселева // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2017. – № 61 (3). – С. 86–93.

POLLINATOR CULTIVARS FOR MONOCULTIVAR PEAR ORCHARDS IN BELARUS

O. A. YAKIMOVICH, T. N. MARCINKEVICH

Abstract

This article presents the results of a study conducted at the RUE ‘Institute of Fruit Growing’ on flowering periods, pollen quality, self-fertility, and cross-compatibility of the most commercially important pear cultivars in Belarus: Belorusskaya Pozdnyaya, Beurré Alexandre Lucas, Zaveya, Prosto Mariya, Spakusa, Talgar Beauty, Conference, and the new cultivar Kalyadnaya currently undergoing state testing. Depending on pre-vegetation weather conditions, flowering of the studied cultivars began when the sum of effective temperatures above 5 °C reached 142–193 °C. An annual five-day overlap in flowering periods was observed. High-quality pollen with a fertility level of at least 75 % and viability of no less than 18 % was noted in the cultivars Belorusskaya Pozdnyaya, Prosto Mariya, Spakusa, and Conference. The cultivars Talgar Beauty, Spakusa, and Kalyadnaya were found to be self-fertile, while partial self-fertility was observed in Belorusskaya Pozdnyaya, Conference, and Prosto Mariya. Cross-compatibility among cultivars was assessed, and Prosto Mariya was identified as a universal pollinator for monocultivar orchards.

Keywords: pear, cultivar, pollen, self-fertility, pollinator, Belarus.

Поступила в редакцию 13.03.2025

УДК 634.13:631.526.32:581.143(476.2)

ОСОБЕННОСТИ РОСТА КОРНЕСОБСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ГРУШИ СОРТА СПАКУСА В УСЛОВИЯХ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. Н. СИДОРЕНКО

РУП «Гомельская областная сельскохозяйственная опытная станция» НАН Беларуси,
аг. Довск, Рогачевский район, Гомельская область, 247261, Беларусь,
e-mail: goshos@mail.gomel.by

АННОТАЦИЯ

Впервые в условиях Гомельской области установлены биологические особенности роста и развития корнесобственных растений груши сорта Спакуса, полученных в культуре *in vitro*, при двух схемах посадки в молодом саду.

Фенологическое развитие корнесобственных деревьев груши на 2-й год после посадки шло медленнее при холодной погоде и, наоборот, во время теплой солнечной погоды сезонное развитие растений проходило быстрее. Зафиксированы фенофазы новообразований из вегетативных почек: набухание – в начале первой декады апреля; распускание – в конце первой декады апреля; образование первых нижних листьев – в середине второй декады апреля, начальный рост побегов – декадой позже предыдущей фазы; окончание фазы роста побегов – в конце первой декады августа.

Установлено, что показатели роста и развития корнесобственных деревьев груши сорта Спакуса в первые два года после посадки достоверно не различались между вариантами схем посадки в молодом саду.

Ключевые слова: груша, корнесобственные растения, сорт, схема посадки, рост, развитие, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

В Республике Беларусь особое внимание уделяется развитию плодоводства и повышению эффективности технологии выращивания плодовых культур. Груша является одной из ведущих плодовых культур и занимает по распространению в садах второе место после яблони. Важным фактором для увеличения производства плодов груши является создание новых высокоэффективных типов садов с уменьшением площади посадки и использованием сортов со сдержанным ростом и компактной кроной. Это позволит добиться увеличения объема производства плодов, насыщения потребительского рынка высококачественной продукцией, снижения объемов импорта и наращивания экспортного потенциала. Основным направлением для достижения этой цели является разработка современных интенсивных конструкций плодовых насаждений, компонентами которой является сорт, имеющий генетическую устойчивость к болезням в сочетании с хорошим качеством плодов, высококачественный безвирусный посадочный материал, подвой, схема размещения, форма кроны [1–3].

Груша, как и другие плодовые культуры, постоянно подвергается воздействию различных вредителей и болезней. В последнее время вирусные инфекции стали серьезной проблемой в промышленных грушевых садах. Выращивание оздоровленных *in vitro* саженцев груши значительно ограничит распространение вирусных, грибных и бактериальных заболеваний. Это, в свою очередь, даст возможность выращивать в большем объеме экологически чистую продукцию [2].

Система производства посадочного материала с постоянным процессом обновления маточников предусматривает регулярное обеспечение их высококачественным оздоровленным посадочным материалом, где важно получить корнесобственную культуру груши, представляющую интерес для интенсивного садоводства [1]. Положительным фактором при таком способе размножения является биологическое соответствие наземной и корневой части растений. При повреждениях корнесобственные деревья способны быстро восстанавливаться. Также одним из преимуществ является меньшее образование приштамбовой поросли. Для создания корнесобственных насаждений перспективными являются способы вегетативного размножения (размножение одревесневшими и неодревесневшими черенками, а также способом микроклонального размножения) [2].

При закладке промышленных грушевых садов и маточных насаждений учитывают наравне с экономическими и организационными факторами агроклиматические условия, влияющие на

степень соответствия сортовым требованиям культуры. Оценка агроклиматических ресурсов территории дает представление о потенциале возделывания культуры, а также отражает степень риска производства [3, 4].

Цель исследования – установить особенности роста и развития корнесобственных растений груши, полученных в культуре *in vitro*, в молодом саду.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2023–2024 гг. в отделе картофелеводства и плодоводства РУП «Гомельская ОСХОС» НАН Беларуси. Опыт заложен во второй декаде апреля 2023 г. Объекты исследования – корнесобственные растения груши, полученные в культуре *in vitro*, сорт Спакуса (селекции РУП «Институт плодоводства, аг. Самохваловичи).

Схемы посадки груши: 4,5 × 2,5 и 4,5 ×1,5 м, плотность посадки – 888–1480 дер/га. Система формирования кроны: при схеме посадки 4,5 × 2,5 м – классическое (свободное) веретено, при схеме посадки 4,5 × 1,5 м – стройное веретено.

Почва участка дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на рыхлой супеси, подстилаемая связным песком, а с глубины 1 м – мореной супесью. Агрохимические показатели: pH (в KCl) 4,55; содержание обменных форм P_2O_5 – 596 и K_2O – 230 мг/кг почвы, CaO – 1403 мг, Mg – 256, Cu – 1,80, Zn – 3,10, B – 0,61 мг на 1000 г почвы, гумус – 2,23 %. Перед посадкой сада вносили минеральные удобрения в дозах $N_{100}P_{60}K_{120}$ кг/га д. в. Предшественник – черный пар.

Система содержания почвы: в приствольных полосах – гербицидный пар, в междурядьях – естественное залужение. Агротехнические и агрохимические мероприятия осуществляли в соответствии с технологическим регламентом выращивания груши.

Исследования проводили согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (1999) [5], статистическая обработка полученных данных – методом дисперсионного анализа [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В опытных насаждениях корнесобственных растений груши в период вегетации оценены состояние, образование корневой поросли, сроки прохождения фенологических фаз и биометрические параметры роста.

В связи с погодными условиями текущего вегетационного периода (отсутствие осадков в первой половине вегетационного периода и обильными осадками в последней декаде июля), состояние корнесобственных растений оценивалось как хорошее. Наклонов не было. Имелась корневая поросль у 7,5 % корнесобственных деревьев.

К концу июня растения остановили рост побегов, однако в дальнейшем, после обильных дождей и небольших похолоданий, возобновили рост. На конец августа отмечено окончание вторичного роста побегов у 50–60 % растений в зависимости от схемы посадки.

После окончания роста растений было установлено, что при схеме посадке 4,5 × 1,5 м окружность штамба составила в среднем 5,31 см (ППСШ – 2,24 $см^2$), а при схеме 4,5 × 2,5 м – 5,56 см (ППСШ – 2,46 $см^2$), достоверно не различаясь по схемам посадки (табл. 1).

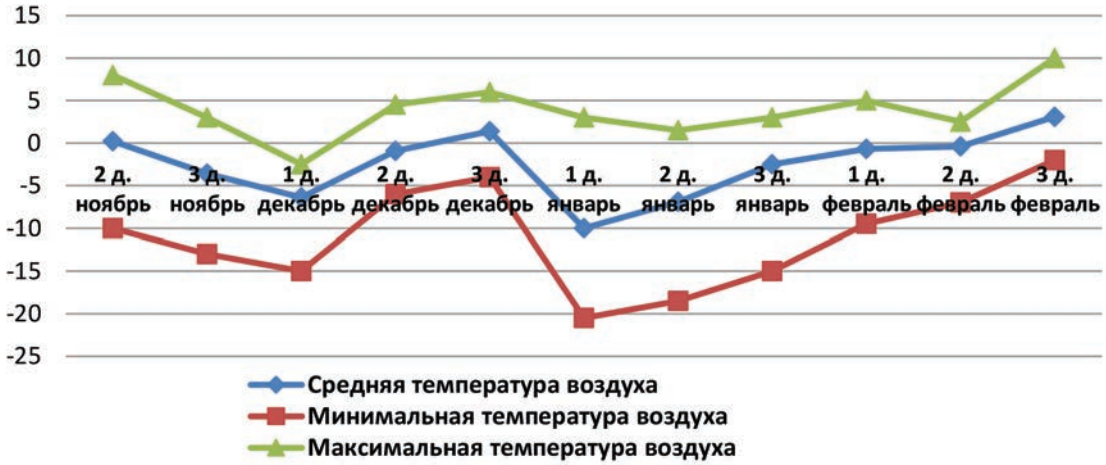
Годовой прирост однолетних побегов корнесобственных растений в среднем составил 45,5–54,0 см в зависимости от схемы посадки. Высота и параметры кроны корнесобственных растений по схемам посадки достоверно не различались.

Таблица 1. **Показатели роста корнесобственных деревьев груши сорта Спакуса в различных конструкциях насаждений, 2023 г.**

Схема посадки, м	Окружность штамба, см	ППСШ, $см^2$	Длина однолетнего прироста, см	Высота дерева, м	Ширина кроны, м	Длина кроны, м
4,5 × 1,5	5,31	2,24	54,0	1,85	1,06	0,85
4,5 × 2,5	5,56	2,46	45,5	1,83	0,91	0,86
$НСР_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	0,079	$F_ф < F_{05}$

В зимний период 2023–2024 гг. отмечены перепады температуры воздуха, которые существенно повлияли на восприимчивость деревьев груши к холодовым стрессам. После наступления устойчивых положительных температур и схода снежного покрова проведены учеты по зимостойкости растений груши сорта Спакуса: при визуальном осмотре растений видимых признаков повреждения коры не обнаружено; при срезе приростов прошлого года отмечено только слабое подмерзание древесины (до 1 балла) на толстых жирующих ветках.

Средняя апрельская температура воздуха превышала среднемноголетнюю на 3,8 °С, что способствовало началу ранней вегетации деревьев (см. рисунок).



Метеорологические особенности зимнего периода 2023–2024 гг.

Фенологические фазы новообразований из вегетативных почек проходили в следующие календарные сроки: 2 апреля – набухание (раздвижение почечных чешуй); 10 апреля – распускание; 15 апреля – появление первых листьев; 20–23 апреля – начальный рост побегов; цветковых почек не зафиксировано; 9–12 августа зафиксирована дата окончания роста побегов, были сформированы верхушечные почки на побегах продолжения в верхней части кроны.

Образование штамбовой поросли отмечено только у 2 корнесобственных растений сорта Спакуса. На всех учетных деревьях образование корневых побегов не отмечено.

Окружность штамба при схеме посадке 4,5 × 1,5 м составила в среднем 7,52 см, ППСШ – 4,50 см^2, а при схеме 4,5 × 2,5 м – 7,93 см, ППСШ – 5,01 см^2, прирост ППСШ составил 2,21 и 2,37 см соответственно, но при этом достоверно не различаясь по схемам посадки (табл. 2).

Таблица 2. **Биометрические параметры корнесобственных деревьев груши сорта Спакуса при различных схемах посадки в молодом саду, 2024 г.**

Схема посадки, м	Окружность штамба, см	ППСШ, см^2	Прирост ППСШ, см^2	Высота дерева, м	Проекция кроны, м^2	Объем кроны, м^3
4,5 × 2,5	7,93	5,01	2,37	2,68	4,5	3,1
4,5 × 1,5	7,52	4,50	2,21	2,84	4,2	3,1
$НСР_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$

После окончания роста растений в результате исследования было установлено, что при схеме посадки 4,5 × 1,5 м высота дерева составила в среднем 2,84 м, а при схеме 4,5 × 2,5 м – 2,68 м, достоверно различаясь по схемам посадки. Проекция и объем кроны корнесобственных растений сорта Спакуса по схемам посадки достоверно не различались.

Количество, суммарная и средняя длина годового прироста корнесобственных растений достоверно не различались между схемами посадки (табл. 3).

Таблица 3. **Показатели роста корнесобственных деревьев груши сорта Спакуса при различных схемах посадки в молодом саду, 2024 г.**

Схема посадки, м	Однолетний прирост			Обрастающие точки роста, шт.		
	количество, шт.	суммарная длина, м	средняя длина, см	шипы	кольчатки и копьеца	плодовые прутики
4,5 × 2,5	36,8	29,84	81,1	10,9	13,9	6,5
4,5 × 1,5	36,8	29,55	80,3	11,5	14,1	6,7
$НСР_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$	$F_ф < F_{05}$

Количество обрастающих точек роста составило: в виде кольчаток и копьец при схеме посадки 4,5 × 2,5 м – 13,9 шт., при схеме посадки 4,5 × 1,5 м – 14,1 шт., плодовых прутиков – 6,5 и 6,7 шт. соответственно, но без достоверной разницы между вариантами опыта, при этом отмечали на растениях достаточно большое количество шипов – 10,9 и 11,5 шт. соответственно вариантам опыта.

ВЫВОДЫ

В условиях Гомельской области оценены биологические особенности роста и развития корнесобственных растений груши сорта Спакуса при двух схемах посадки насаждений.

Фенологическое развитие корнесобственных деревьев груши на 2-й год после посадки шло медленнее при холодной погоде и, наоборот, во время теплой солнечной погоды сезонное развитие растений проходило быстрее. Зафиксированы фенофазы новообразований из вегетативных почек: набухание – в начале первой декады апреля; распускание – в конце первой декады апреля; образование первых нижних листьев – в середине второй декады апреля, начальный рост побегов – декадой позже предыдущей фазы; окончание фазы роста побегов – в конце первой декады августа.

Установлено, что показатели роста и развития корнесобственных деревьев груши сорта Спакуса в первые два года после посадки достоверно не различались между вариантами схем посадки в молодом саду.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Укоренение и адаптация сортов сливы при выращивании корнесобственных саженцев *in vitro* / Н. В. Кухарчик, М. С. Кастрицкая, А. А. Змушко, Л. Л. Бунцевич // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 30. – С. 80–85.

2. Кобринец, Т. П. Корнесобственная культура абрикоса *in vitro* / Т. П. Кобринец, О. С. Иванова, Е. И. Поух // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 30. – С. 109–114.

3. Булынко, А. Е. Агроклиматическое районирование плодовых культур с учетом изменения климата (на примере яблони) / Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 30. – С. 39–45.

4. Положение о производстве посадочного материала плодовых и ягодных культур в Республике Беларусь / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; сост. В. А. Самусь, Н. В. Кухарчик. – Самохваловичи, 2007. – 35 с.

5. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: Е. Н. Джигадло [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.

6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1979. – 335 с.

GROWTH CHARACTERISTICS OF OWN-ROOTED PEAR (*PYRUS*) PLANTS OF THE SPAKUSA CULTIVAR UNDER CONDITIONS OF THE GOMEL REGION

T. N. SIDORENKO

Abstract

For the first time, the biological characteristics of growth and development of own-rooted pear trees of the Spakusa cultivar, propagated via *in vitro* culture, were studied under the conditions of the Gomel Region with two planting schemes in a young orchard.

Phenological development of own-rooted pear trees in the second year after planting progressed more slowly during periods of cold weather and, conversely, accelerated during warm and sunny conditions. The following phenophases of vegetative bud development were recorded: bud swelling – early April (first ten-day period); bud break – late April (first ten-day period); formation of the first lower leaves – mid-April (second ten-day period); initial shoot growth – one ten-day period later; end of shoot elongation – late first ten-day period of August.

It was found that during the first two years after planting, there were no statistically significant differences in the growth and development of Spakusa own-rooted pear trees between the two planting schemes used in the young orchard.

Keywords: pear, own-rooted plants, cultivar, planting scheme, growth, development, Belarus.

Поступила в редакцию 03.03.2025

УДК 634.13:631.526.32:581.143.6(476)

ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO* РАЙОНИРОВАННЫХ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ СОРТОВ ГРУШИ

Е. В. КОЛБАНОВА, Н. В. КУХАРЧИК, Т. Н. БОЖИДАЙ

РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: kolbanova@tut.by

АННОТАЦИЯ

Получены стерильные жизнеспособные экспланты 9 районированных в Республике Беларусь сортов груши, из них 8 – белорусской селекции: Белорусская поздняя, Вилия, Завея, Купала, Просто Мария, Спакуса, Ясачка (*P. communis* × *P.* × *ussuriensis*), Кудесница (*P. communis* × *P.* × *pyrifolia*) и 1 интродуцированный сорт Талгарская красавица (*P. communis* × *P.* × *pyrifolia*). Введение в культуру *in vitro* целесообразно проводить в периоды полного (Вилия, Завея) или вынужденного покоя (Белорусская поздняя, Купала, Просто Мария, Спакуса, Талгарская красавица, Ясачка) с применением следующей схемы стерилизации: 60 мин – 0,5%-ный Оксихом с добавлением Tween-20 (нестерильно с использованием встряхивателя (190 об/мин)); далее в ламинар-боксе: 1 мин – 70%-ный этанол, 15 мин – 33%-ная перекись водорода, 5 мин – промывка стерильной дистиллированной водой. Сорт Кудесница целесообразно вводить в культуру *in vitro* в период полного покоя с применением более жесткой схемы стерилизации: 60 мин – 0,5%-ный Оксихом с добавлением Tween-20 (нестерильно с использованием встряхивателя (190 об/мин)); далее в ламинар-боксе: 1 мин – 70%-ный этанол, 7 мин – 0,1%-ная сулема, 5 мин (3 раза) – промывка стерильной дистиллированной водой.

Ключевые слова: Pyrus, культура *in vitro*, стерилизация, срок введения, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Для успешного размножения в культуре *in vitro* любой плодовой или ягодной культуры первостепенной задачей является получение стерильных жизнеспособных первичных эксплантов. Исходным материалом для получения культуры *in vitro* сортов груши *P. communis* L. могут являться узловые сегменты [1] или верхушки побегов (1,0–1,5 мм) [2, 3], вычлененные из активно растущих молодых побегов, которые получают путем искусственного проращивания пазушных почек одревесневших побегов, срезанных с деревьев, растущих в полевых условиях. Спящие побеги предварительно стерилизуют раствором фунгицида [1–3]. Активно растущие верхушки побегов использовали в качестве эксплантов для введения в культуру *in vitro* груши сортов *P. communis* L. Conference и Doyenné d'Hiver, компактных клонов [4], Seckel [5], сортов *P. pyrifolia* Nijisseiki, Osa-nijisseiki, Kosui, Hosui, Yagumo, Shinsui [6], дикой груши *P. pyrifolia* [7], дикой груши *P. syrica* [8], *P. communis*, *P. pyrifolia*, *P. calleryana*, *P. cordata* и *P. koehnei* [9]. Узловые сегменты побегов успешно использовали для получения культуры груши сортов *P. communis* Выжница, Львовский сувенир, Роксолана, Христианка, Черемшина, Этюд [10], сортов *P. communis* William's Bon Chrétien, Packham's Triumph, Beurré Bosc [11], Rocha, Williams [12], IGE 2002 – мутации сорта Dr. Jules Guyot (*P. communis*) [13], сортов *P. pyrifolia* Hosui, Kosui, Nijisseiki, Shinseiki, Shinsu [14], дикой груши *P. pyrifolia* [7], подвоя Pyrodwarf®(S) (*P. communis*) [15].

В период активного роста побегов, используя в качестве эксплантов меристемы (0,5–1,0 мм), успешно вводили в культуру *in vitro* сорта *P. communis* Carrick, сорта *P. communis* × *P. pyrifolia* Garber, Smith [16], сорта *P. communis* Passe Crassane [17], Williams [18], Packham's Triumph, Red Bartlett [19], La France и Bartlett × La France [20], сорта *P. pyrifolia* Housui, Carrick, Nijisseiki [19], сорт *P. serotina* Housui [20]. В период полного покоя побегов меристемы (0,2–0,3 мм; 0,5–1,5 мм) использовали для введения сортов *P. communis* Durondeau, Conférence, Doyenné du Comice, Professeur Molon [21], клоновых подвоев *P. betulaefolia* [22]. Из почек сорта *P. communis* Bartlett, набухших весной в длину до 1,0 см, выделяли меристемы 0,5–1,5 мм [23]. Источником эксплантов были вегетативные пазушные почки на стадии набухания сорта *P. calleryana* Bradford [24].

Для введения в культуру *in vitro* представителей рода *Pyrus* используют питательные среды, состоящие из солей MS [3, 6, 7, 10, 11, 15, 16, 18–20, 22, 23, 25] и WPM [2, 15, 26]. В качестве основного стерилизующего агента чаще применяют гипохлорит натрия в различных концентрациях (0,5–20,0 %), в большинстве случаев с добавлением детергента (0,01–0,10%-ный Tween-20), в экспозиции 5–30 мин [1–3, 5, 6, 8, 11–16, 19, 20, 22, 23, 25–28], коммерческий препарат гипохлорита натрия с 7 % активного хлора (10%-ный Доместос) в течение 20 мин [17, 18], реже используют 6–9%-ный гипохлорит кальция в течение 20 мин [21, 29], 0,1–0,3%-ный нитрат серебра с добавлением нескольких капель детергента тритона X-100 в экспозиции 15–30 мин [10], 0,1%-ная сулема в экспозиции 4 мин [7, 28].

Цель работы – определить сроки введения в культуру *in vitro* и способ стерилизации эксплантов груши.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в отделе биотехнологии РУП «Институт плодоводства» в 2018–2024 гг. Объекты исследований: 9 районированных в Республике Беларусь сортов груши, из них 8 – белорусской селекции: Белорусская поздняя, Вилия, Завея, Купала, Просто Мария, Спакуса, Ясачка (*P. communis* × *P.* × *ussuriensis*), Кудесница (*P. communis* × *P.* × *pyrifolia*) и 1 интродуцированный сорт Талгарская красавица (*P. communis* × *P.* × *pyrifolia*). Происхождение сортов приведено по данным сотрудников РУП «Институт плодоводства» [30–39].

Сроки введения: введение в культуру *in vitro* сортов груши проводили в периоды полного вегетативного покоя (первая и вторая декады декабря), вынужденного покоя (вторая декада февраля) и активного роста (вторая декада июля).

Экспланты: точки роста, размером 1–2 мм, вычлененные из верхушечных и пазушных почек однолетних одревесневших (периоды полного и вынужденного вегетативного покоя) и неодревесневших побегов (период активного роста) с помощью бинокулярного микроскопа Olympus-SZ61. Однолетние побеги длиной 20–30 см срезали с 15-летних плодоносящих растений груши, растущих в полевых условиях, предварительно протестированных на отсутствие вирусов хлоротической пятнистости листьев яблони (*Apple chlorotic leaf spot virus*, ACLSV), бороздчатости древесины яблони (*Apple stem grooving virus*, ASGV), ямчатости древесины яблони (*Apple stem pitting virus,* ASPV), кольцевой пятнистости томатов (*Tomato ringspot virus,* TomRSV), кольцевой пятнистости табака (*Tobacco ringspot virus*, TRSV) и фитоплазмы истощения груши (Pear decline phytoplasma, PD).

Схемы стерилизации:

1. *В период полного и вынужденного покоя*: 60 мин – 0,5%-ный Оксихом или 0,5%-ный Пеннкоцеб с добавлением Tween-20 (нестерильно с использованием встряхивателя (190 об/мин)); далее в ламинар-боксе: 1 мин – 70%-ный этанол, 15 мин – 33%-ная перекись водорода, 5 мин – промывка стерильной дистиллированной водой.

2. *В период вынужденного покоя с целью подбора фунгицида (сорта Белорусская поздняя, Спакуса и Талгарская красавица)*: 60 мин – 0,5%-ный Оксихом или 0,5%-ный Пеннкоцеб с добавлением Tween-20 (нестерильно с использованием встряхивателя (190 об/мин)); далее в ламинар-боксе: 1 мин – 70%-ный этанол, 15 мин – 33%-ная перекись водорода, 5 мин – промывка стерильной дистиллированной водой.

Изучали два фунгицида: Оксихом – двухкомпонентный контактно-системный фунгицид (д. в. меди хлорокись, 670 г/кг, оксадиксил, 130 г/кг), Пеннкоцеб – контактный фунгицид (д. в. манкоцеб, 750 г/кг).

3. *В период активного роста*: 60 мин – 0,5%-ный Оксихом с добавлением Tween-20 (нестерильно с использованием встряхивателя (190 об/мин)); далее в ламинар-боксе: 1 мин – 70%-ный этанол, 1, 3, 5 и 7 мин – 33%-ная перекись водорода, 5 мин – промывка стерильной дистиллированной водой.

Питательная агаризованная среда: макро- и микросоли, FeNa-EDTA по прописи Мурасиге и Скуга (MS), витамины B_1, B_6, PP – по 0,5 мг/л, витамин C – 1,5, мезоинозит – 100, 6-бензила-

денин (6-БА) – 0,5 мг/л, сахароза – 30 г/л, pH 5,8. Автоклавирование среды проводили в течение 15 мин после добавления регуляторов роста при 0,9–1,0 атм.

Условия культивирования эксплантов *in vitro*: освещение (лампы NARVA LT, 36 W) – 2,5–3,0 тыс. лк, температура составила +20...+22 °С и фотопериод – 16/8 ч. Экспланты высаживали в пробирки 160 × 16 мм с объемом питательной среды 3 мл. Длительность субкультивирования – 28 сут.

Статистическую обработку осуществляли в программе STATISTICA 10.0, используя ANOVA, однофакторный и двухфакторный дисперсионный анализ, критерий Дункана ($p < 0,05$) для сравнения средних величин ($n = 3$).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По предварительным результатам, полученным при введении в культуру in vitro сортов груши Талгарская красавица и Спакуса в фазу полного вегетативного покоя, была установлена целесообразность использования в качестве основного стерилизующего соединения 33%-ной перекиси водорода в экспозиции 15 мин [39], поэтому данная экспозиция перекиси водорода использовалась в дальнейшей работе.

На стадии предварительной стерилизации эксплантов в нестерильных условиях было выбрано два фунгицида для последующей оценки их эффективности. Оксихом на этапе предварительной стерилизации вводимых в культуру эксплантов оказался более эффективным, чем Пеннкоцеб. Использование контактно-системного фунгицида Оксихом снижает количество инфицированных эксплантов на 21,46–22,91 % у сортов Белорусская поздняя и Спакуса по сравнению с контактным фунгицидом Пеннкоцеб. Также у всех трех сортов количество стерильных активно регенерирующих эксплантов было достоверно выше при использовании Оксихома: в 2 раза у сорта Белорусская поздняя, в 1,6 раза у сорта Спакуса, в 1,3 раза у сорта Талгарская красавица, чем при использовании Пеннкоцеба. Таким образом, анализ средних значений количества инфицированных, некротировавших и стерильных активно регенерирующих эксплантов по фактору *B* (фунгицид) без учета сортовых особенностей показал статистическую зависимость данных показателей от типа фунгицида: Оксихом обеспечил больший выход регенерирующих эксплантов и меньший процент инфицированных и некротировавших эксплантов (табл. 1). Это послужило основанием использовать его для предварительной стерилизации при введении в культуру эксплантов других сортов груши.

Введение в культуру *in vitro* сортов груши в периоды полного и вынужденного вегетативного покоя. Стерильные активно регенерирующие экспланты сортов Вилия (15,11 %) и Завея (4,11 %) удалось получить только в период полного покоя. Для сортов Купала, Просто Мария, Спакуса, Талгарская красавица лучший срок введения – период вынужденного покоя. Количество активно регенерирующих эксплантов в этот срок введения было в 3,9 раза (Просто Мария), 3,2 (Спакуса), 2,4 (Купала) и 2,1 раза (Талгарская красавица) выше, чем в период полного покоя. У сорта Ясачка стерильные регенерирующие экспланты (8,33 %) были получены только при введении в период вынужденного покоя. У сорта Белорусская поздняя статистически значимой разницы между двумя сроками введения не наблюдалось: 20,17–22,70 % регенерирующих эксплантов. Отсутствие регенерационной активности эксплантов в оба срока введения отмечено у сорта Кудесница (табл. 2).

Анализ средних значений основного показателя введения в культуру *in vitro* (количество стерильных регенерирующих эксплантов) по фактору *A* (сорт) без учета срока введения показал достоверные различия в регенерационной активности сортов Талгарская красавица (33,68 %), Белорусская поздняя (21,43 %), Спакуса (15,06 %), у сортов Вилия, Завея, Купала, Просто Мария и Ясачка – регенерационную активность от 2,06 до 7,56 %. Регенерационная активность не отмечена у эксплантов сорта Кудесница. Низкую регенерационную активность эксплантов изучаемых сортов можно объяснить зрелым возрастом материнского растения (15 лет), с которого срезались побеги для введения в культуру *in vitro*. Влияние возраста материнского растения на регенерационную способность эксплантов сортов *P. communis* Cure, Argessis, Euras, Carpica,

Таблица 1. **Влияние типа фунгицида на результативность введения в культуру *in vitro* сортов груши в период вынужденного вегетативного покоя, %**

Сорт (фактор *A*)	Фунгицид (фактор *B*)	Доля инфицированных эксплантов	Доля некротизированных эксплантов	Количество стерильных эксплантов	
				активно регенерирующих	неразвивающихся
Влияние двух факторов вместе (сорт и фунгицид)		$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$	$p < 0{,}01$	$p < 0{,}01$
Белорусская поздняя	Оксихом	**28,83^{a}**	28,83^{d}	**22,70^{c}**	19,64^{d}
	Пеннкоцеб	50,29^{c}	36,84^{e}	11,11^{d}	1,75^{a}
Спакуса	Оксихом	**27,09^{a}**	29,17^{d}	**22,91^{c}**	20,83^{d}
	Пеннкоцеб	50,00^{c}	24,40^{c}	14,59^{d}	10,98b^{c}
Талгарская красавица	Оксихом	41,01^{b}	0^{a}	**45,76^{a}**	13,23^{c}
	Пеннкоцеб	43,75^{b}	12,50^{b}	35,42^{b}	8,33^{b}
Среднее по фактору A (сорт)					
Влияние фактора «сорт»		–	$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$	$p < 0{,}01$
Белорусская поздняя		39,56^{A}	32,84^{C}	16,90^{B}	10,69^{A}
Спакуса		38,54^{A}	26,80^{B}	18,75^{B}	15,90^{B}
Талгарская красавица		42,38^{A}	6,25^{A}	**40,59^{A}**	10,78^{A}
Среднее по фактору B (фунгицид)					
Влияние фактора «фунгицид»		$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$
Оксихом		**32,31^{B}**	**19,33^{D}**	**30,45^{C}**	17,90^{D}
Пеннкоцеб		48,01^{C}	24,59^{E}	20,37^{D}	7,02^{C}

Примечание. Данные с одинаковыми буквами по столбцам статистически не различаются при $p < 0{,}05$ (критерий Дункана).

Таблица 2. **Результативность введения в культуру *in vitro* сортов груши в периоды полного и вынужденного вегетативного покоя, %**

Сорт (фактор *A*)	Срок введения (фактор *B*)	Доля инфицированных эксплантов	Доля некротизированных эксплантов	Количество стерильных эксплантов	
				активно регенерирующих	неразвивающихся
Влияние двух факторов вместе (сорт и срок введения)		$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$
Белорусская поздняя	Период полного покоя	22,80^{c}	8,77^{bc}	**20,17^{b}**	48,26^{h}
	Период вынужденного покоя	28,83^{d}	28,83^{f}	**22,70^{b}**	19,64^{f}
Вилия	Период полного покоя	45,22^{fg}	10,94^{cd}	**15,11^{c}**	28,72^{g}
	Период вынужденного покоя	24,95 ± 1,42^{cd}	63,51 ± 1,20^{j}	0^{g}	11,54^{de}
Завея	Период полного покоя	48,61^{g}	13,50^{cd}	**4,11^{ef}**	33,78^{g}
	Период вынужденного покоя	77,08^{k}	18,75^{e}	0^{g}	4,17^{abc}
Кудесница	Период полного покоя	53,58^{h}	46,42^{g}	0^{g}	0^{a}
	Период вынужденного покоя	48,05^{g}	51,31^{h}	0^{g}	0,64^{ab}
Купала	Период полного покоя	40,28^{e}	0^{a}	2,78^{fg}	56,94^{i}
	Период вынужденного покоя	6,67^{a}	80,0^{k}	**6,67^{de}**	6,67^{bcd}
Просто Мария	Период полного покоя	69,99^{j}	28,21^{f}	1,80^{fg}	0^{a}
	Период вынужденного покоя	69,87^{j}	14,10^{d}	**7,05^{de}**	8,98^{cde}
Спакуса	Период полного покоя	58,60^{i}	4,50^{ab}	7,20^{de}	29,70^{g}
	Период вынужденного покоя	27,09^{d}	29,17^{f}	**22,91^{b}**	20,83^{f}
Талгарская красавица	Период полного покоя	17,10^{b}	9,0^{bc}	21,60^{b}	52,30^{hi}
	Период вынужденного покоя	41,01^{e}	0^{a}	**45,76^{a}**	13,23^{e}
Ясачка	Период полного покоя	43,68^{ef}	56,32^{i}	0^{g}	0^{a}
	Период вынужденного покоя	61,46^{i}	26,04^{f}	**8,33^{d}**	4,16^{abc}
Среднее по фактору A (сорт)					
Влияние фактора «сорт»		$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$
Белорусская поздняя		25,82^{A}	18,80^{AB}	**21,43^{B}**	33,95^{D}
Вилия		35,08^{C}	37,23^{C}	7,56^{D}	20,13*B*
Завея		62,85^{F}	16,12^{A}	2,06^{FE}	18,97^{B}

Окончание табл. 2

Среднее по фактору A (сорт)				
Влияние фактора «сорт»	$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$
Кудесница	$50{,}81^{E}$	$48{,}86^{F}$	0^{F}	$0{,}32^{A}$
Купала	$23{,}47^{A}$	$40{,}0^{CD}$	$4{,}72^{E}$	$31{,}80^{D}$
Просто Мария	$69{,}93^{G}$	$21{,}15^{B}$	$4{,}43^{E}$	$4{,}49^{A}$
Спакуса	$42{,}84^{D}$	$16{,}83^{A}$	$\mathbf{15{,}06^{C}}$	$25{,}26^{C}$
Талгарская красавица	$29{,}05^{B}$	$4{,}5^{E}$	$\mathbf{33{,}68^{A}}$	$32{,}76^{D}$
Ясачка	$52{,}57^{E}$	$41{,}18^{D}$	$4{,}17^{E}$	$2{,}08^{A}$
Среднее по фактору B (срок введения)				
Влияние фактора «срок введения»	$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$
Период полного покоя	$44{,}43^{I}$	$19{,}74G$	$8{,}08^{H}$	$27{,}74^{F}$
Период вынужденного покоя	$42{,}78^{H}$	$34{,}63H$	$\mathbf{12{,}60^{G}}$	$\mathbf{9{,}98^{E}}$

Примечание. Данные с одинаковыми буквами по столбцам статистически не различаются при $p < 0{,}05$ (критерий Дункана).

Republica, Daciana, Getica, Republica, Ervina, Conference омечает в своей работе A. C. Cosac с соавт. [29]: регенерационная способностью эксплантов, взятых с молодых деревьев (3–5 лет), была значительно выше (в среднем 63,3 %), чем у эксплантов, взятых с 10–15-летних деревьев (в среднем 36,64 %).

Анализ средних значений количества стерильных регенерирующих эксплантов без учета сортовых особенностей показал преимущество введения в культуру *in vitro* сортов груши в период вынужденного покоя: данный показатель в 1,6 раза был выше, чем при введении в период полного покоя. Количество эксплантов, инфицированных грибной и бактериальной инфекциями, при обоих сроках введения было высоким – более 40 %, возможно, это связано с тем, что побеги для введения в культуру *in vitro* брали с деревьев, растущих в полевых условиях. Часто при введении в культуру *in vitro* берут побеги не с деревьев, растущих в полевых условиях, а с привитых деревьев, выращенных в теплице [9, 11, 14, 17, 18, 20, 22]. По данным ряда авторов [14, 22], эффективность стерилизации почек и сегментов побегов, взятых с растений, растущих в теплице, намного выше, чем с растений, произрастающих в поле. Стерилизация 1%-ным раствором гипохлорита натрия (5 мин) спящих почек *P. betufolia*, взятых с побегов у растений, растущих в теплице (7 % контаминации), была намного успешнее, чем с побегов у растений, произрастающих в поле (35 % контаминации) [22]. Выход стерильных жизнеспособных эксплантов *P. pyrifolia* сортов Hosui, Kosui, Nijisseiki, Shinseiki, Shinsu составил 90–95 % при использовании эксплантов (узловой сегмент), взятых с побегов растений, выращенных в теплице, в то время как получение стерильных эксплантов с побегов растений, растущих в поле, оказалось малоэффективным (15 верхушек побегов (1 мм) из 16 были нестерильны). В качестве стерилизующего агента использовался 0,6%-ный гипохлорит натрия с добавлением нескольких капель детергента в экспозиции 30 мин [14]. Эффективность введения подвоя D-6 *P. calleryana* составила более 80 % при использовании однолетних побегов с молодых растений, растущих в теплице при стерилизации 3%-ным гипохлоритом натрия в течение 20 мин [25]. По данным T. Hirabayashi с соавт. [20], не было проблем с получением стерильной культуры (1 % контаминации) сортов *P. serotina* Hosui и *P. communis* La France и Bartlett × La France при введении в культуру *in vitro* меристем, выделенных из активно растущих верхушек побегов деревьев, растущих в теплице.

Введение в культуру *in vitro* сортов груши в период активного роста побегов. Введение в культуру *in vitro* эксплантов с побегов в фазу активного роста (июль) требует щадящей стерилизации, чтобы минимизировать повреждения молодых тканей. Поэтому экспозиция перекиси водорода 15 мин, применяемая в период полного и вынужденного покоя для стерилизации эксплантов, не могла быть использована в этот период. В связи с этим экспозиция основного стерилизующего агента была уменьшена. Введение в культуру *in vitro* сортов груши в период

активного роста не было эффективным. Самая высокая регенерационная активность в этот период отмечена у сорта Талгарская красавица (13,33 % при экспозиции H_2O_2 3–5 мин), но это в 3,4 раза меньше данного показателя в период вынужденного покоя (45,76 %). У других сортов (Белорусская поздняя, Вилия, Просто Мария, Спакуса) отмечена та же тенденция: количество регенерирующих эксплантов при введении в период активного роста значительно меньше, чем при введении в периоды полного или вынужденного покоя. Исключение составляет сорт Купала, у которого при введении в период активного роста (при экспозиции H_2O_2 1 мин) выход регенерирующих эксплантов составил 12,12 %, что в 1,8 раза превышало данный показатель при введении в культуру в период вынужденного покоя (6,67 %). У сортов Завея, Кудесница и Ясачка регенерирующих эксплантов при введении в культуру *in vitro* в период активного роста получено не было (табл. 3).

Таблица 3. **Результативность введения в культуру *in vitro* сортов груши в период активного роста**

Сорт (фактор A)	Экспозиция H_2O_2, мин (фактор B)	Доля инфицированных эксплантов, %	Доля некротизированных эксплантов, %	Количество стерильных эксплантов	
				активно регенерирующих, %	неразвивающихся, %
Влияние двух факторов вместе (сорт и экспозиция H_2O_2)		$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$	–	$p < 0{,}001$
Белорусская поздняя	1	$72{,}34^{j}$	$17{,}59^{bc}$	$2{,}56^{de}$	$7{,}51^{bcde}$
	3	$31{,}21^{efgh}$	$62{,}73^{fg}$	$\mathbf{6{,}06^{abcde}}$	0^{ab}
	5	$8{,}33^{abc}$	$78{,}33^{hi}$	0^{e}	$13{,}33^{def}$
	7	0^{a}	0^{k}	0^{e}	0^{ab}
Вилия	1	$80{,}95^{jk}$	$14{,}29^{b}$	$\mathbf{4{,}76^{bcde}}$	0^{a}
	3	$50{,}0^{i}$	$45{,}96^{de}$	$\mathbf{4{,}04^{bcde}}$	0^{a}
	5	$33{,}33^{fgh}$	$64{,}58^{fg}$	$2{,}08^{de}$	0^{a}
	7	0^{a}	100^{k}	0^{e}	0^{a}
Завея	1	$96{,}67l$	$3{,}33^{a}$	0^{e}	0^{a}
	3	$57{,}78^{i}$	$42{,}22^{d}$	0^{e}	0^{a}
	5	$22{,}92^{def}$	$77{,}08^{hi}$	0^{e}	0^{a}
	7	0^{a}	100^{k}	0^{e}	0^{a}
Кудесница	1	$78{,}42^{jk}$	$21{,}58^{bc}$	0^{e}	0^{a}
	3	$35{,}26^{gh}$	$64{,}74^{fg}$	0^{e}	0^{a}
	5	$16{,}24^{bcd}$	$59{,}40^{f}$	0^{e}	$24{,}36^{g}$
	7	0^{a}	$86{,}11^{ij}$	0^{e}	$13{,}89^{ef}$
Купала	1	$72{,}73^{j}$	$15{,}15^{b}$	$\mathbf{12{,}12^{ab}}$	0^{a}
	3	$55{,}56^{i}$	$27{,}78^{c}$	$\mathbf{11{,}11^{abc}}$	$5{,}55^{abc}$
	5	$40{,}15^{h}$	$57{,}07^{f}$	$2{,}78^{cde}$	0^{a}
	7	0^{a}	100^{k}	0^{e}	0^{a}
Просто Мария	1	$74{,}21^{jk}$	$13{,}77^{b}$	$\mathbf{3{,}42^{cde}}$	$8{,}60^{cde}$
	3	$25{,}0^{defg}$	$70{,}83^{gh}$	$\mathbf{4{,}17^{bcde}}$	0^{ab}
	5	$3{,}42^{a}$	$93{,}16^{jk}$	0^{e}	$3{,}42^{abc}$
	7	0^{a}	$93{,}33^{jk}$	0^{e}	$6{,}67^{abcd}$
Спакуса	1	$71{,}82^{j}$	$18{,}79^{bc}$	$\mathbf{9{,}39^{abcd}}$	0^{ab}
	3	$20{,}83^{de}$	$75{,}83^{hi}$	$3{,}33^{cde}$	0^{ab}
	5	0^{a}	100^{k}	0^{e}	0^{ab}
	7	0^{a}	100^{k}	0^{e}	0^{ab}
Талгарская красавица	1	$78{,}42^{jk}$	$21{,}58^{bc}$	$5{,}34^{abcde}$	0^{ab}
	3	$31{,}67^{fgh}$	$55{,}0^{ef}$	$\mathbf{13{,}33^{a}}$	0^{ab}
	5	$8{,}33^{ab}$	$78{,}33^{hi}$	$\mathbf{13{,}33^{a}}$	0^{ab}
	7	0^{a}	100^{k}	0^{e}	0^{ab}
Ясачка	1	$83{,}97^{k}$	$16{,}03^{b}$	0^{e}	0^{ab}
	3	$18{,}52^{cd}$	$62{,}97^{fg}$	0^{e}	$18{,}52^{fg}$
	5	0^{a}	100^{k}	0^{e}	0^{ab}
	7	0^{a}	100^{k}	0^{e}	0^{ab}

Окончание табл. 3

Сорт (фактор *A*)	Экспозиция H_2O_2, мин (фактор *B*)	Доля инфицированных эксплантов, %	Доля некротизированных эксплантов, %	Количество стерильных эксплантов	
				активно регенерирующих, %	неразвивающихся, %
Среднее по фактору A (сорт)					
Влияние фактора «сорт»		$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$
Белорусская поздняя		$27{,}97^{ABC}$	$64{,}66^{C}$	$2{,}15^{C}$	$5{,}21^{B}$
Вилия		$41{,}07^{D}$	$56{,}21^{B}$	$2{,}72^{C}$	0^{A}
Завея		$44{,}34^{D}$	$55{,}66^{B}$	0^{C}	0^{A}
Кудесница		$32{,}48^{C}$	$57{,}96^{B}$	0^{C}	$9{,}56^{C}$
Купала		$42{,}11^{D}$	$50{,}0^{A}$	$6{,}50^{AB}$	$1{,}39^{A}$
Просто Мария		$25{,}66^{AB}$	$67{,}77^{CD}$	$1{,}90^{C}$	$4{,}67^{B}$
Спакуса		$23{,}16^{A}$	$73{,}65^{E}$	$3{,}18^{BC}$	0^{A}
Талгарская красавица		$29{,}60^{BC}$	$63{,}73^{C}$	$8{,}00^{A}$	0^{A}
Ясачка		$25{,}62^{AB}$	$69{,}75^{DE}$	0^{C}	$4{,}63^{B}$
Среднее по фактору B (экспозиция H_2O_2)					
Влияние фактора «экспозиция H_2O_2»		$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$	$p < 0{,}001$
1 мин		$78{,}84^{H}$	$15{,}79^{F}$	$4{,}18^{DE}$	$1{,}79^{D}$
3 мин		$36{,}20^{G}$	$56{,}45^{G}$	$4{,}67^{D}$	$2{,}67^{DE}$
5 мин		$14{,}75^{F}$	$78{,}66^{H}$	$2{,}02^{EF}$	$4{,}57^{E}$
7 мин		0^{E}	$97{,}72^{I}$	0^{F}	$2{,}28^{D}$

Примечание. Данные с одинаковыми буквами по столбцам статистически не различаются при $p < 0{,}05$ (критерий Дункана).

Таким образом, анализ средних значений количества активно регенерирующих эксплантов по фактору *A* (сорт) без учета экспозиции H_2O_2 выявил статистическую зависимость данного показателя от сортовых особенностей: регенерационная активность отсутствовала у сортов Завея, Кудесница, Ясачка, у других сортов она колебалась от 1,90 (Просто Мария) до 8,00 % (Талгарская красавица) (табл. 3). В то время как анализ средних значений количества активно регенерирующих эксплантов по фактору *A* (сорт) без учета срока введения показал, что регенерационная активность отсутствовала только у сорта Кудесница, а у остальных сортов колебалась от 2,06 (Завея) до 33,68 % (Талгарская красавица) (табл. 2).

У сорта Кудесница не было получено стерильных регенерирующих эксплантов ни в один срок введения при использовании перекиси водорода, поэтому в период полного покоя почек был взят более жесткий стерилизующий агент – 0,1%-ная сулема в экспозиции 7 и 10 мин. Установлено достоверное влияние 0,1%-ной сулемы на количество инфицированных ($p < 0{,}01$) и некротировавших эксплантов ($p < 0{,}05$). Минимальное количество (1,85 %) стерильных активно регенерирующих эксплантов получено с использованием сулемы в экспозиции 7 мин (табл. 4).

Таблица 4. **Результативность использования сулемы при введении в культуру *in vitro* сорта Кудесница**

Экспозиция 0,1%-ной сулемы, мин	Доля инфицированных эксплантов, %	Доля некротизированных эксплантов, %	Доля стерильных активно регенерирующих эксплантов, %
7	$77{,}78^{b}$	$20{,}37^{a}$	$1{,}85^{a}$
10	$72{,}62^{a}$	$27{,}38^{b}$	0^{a}

ВЫВОДЫ

Введение в культуру *in vitro* сортов груши целесообразно проводить в периоды полного (Вилия, Завея) или вынужденного покоя (Белорусская поздняя, Купала, Просто Мария, Спакуса, Талгарская красавица, Ясачка) с применением следующей схемы стерилизации: 60 мин – 0,5%-ный Оксихом с добавлением Tween-20 (нестерильно с использованием встряхивателя

(190 об/мин)); далее в ламинар-боксе: 1 мин – 70%-ный этанол, 15 мин – 33%-ная перекись водорода, 5 мин – промывка стерильной дистиллированной водой, что позволяет получить стерильные жизнеспособные экспланты сортов Вилия (15,11 %), Завея (4,11 %), Белорусская поздняя (22,70 %), Купала (6,67 %), Просто Мария (7,05 %), Спакуса (22,91 %), Талгарская красавица (45,76 %), Ясачка (8,33 %).

Сорт Кудесница целесообразно вводить в культуру *in vitro* в период полного покоя с применением более жесткой схемы стерилизации: 60 мин – 0,5%-ный Оксихом с добавлением Tween-20 (нестерильно с использованием встряхивателя (190 об/мин)); далее в ламинар-боксе: 1 мин – 70%-ный этанол, 7 мин – 0,1%-ная сулема, 5 мин (3 раза) – промывка стерильной дистиллированной водой, что позволяет получить 1,85 % стерильных активно регенерирующих эксплантов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Pear *in vitro* propagation using a double-phase culture system / R. Rodriguez, C. Diaz-Sala, L. Cuozzo, G. Ancora // HortScience. – 1991. – Vol. 26, № 1. – P. 62–64.

2. *In vitro* propagation and recovery of eight apple and two pear cultivars held in a germplasm bank / A. Lizárraga, M. Fraga, J. Ascasíbar, M. L. González // American Journal of Plant Sciences. – 2017. – Vol 8, № 9. – P. 2238–2254.

3. Baviera, J. A. Commercial *in vitro* micropropagation of pear cv. Conference / J. A. Baviera, J. L. García, M. Ibarra // Acta Horticulturae. – 1989. – Vol. 256. – P. 63–68.

4. Predieri, S. *In vitro* propagation of compact pear clones / S. Predieri, M. Govoni // Acta Horticulturae. – 1998. – Vol. 475. – P. 127–132.

5. Singha, S. Influence of agar concentration on *in vitro* shoot proliferation of *Malus* .sp. 'Almey' and *Pyrus communis* 'Seckel' / S. Singha // Journal of the American Society for Horticultural Science. – 1982. – Vol. 107, № 4. – P. 657–660.

6. *In vitro* propagation of Japanese pear cultivars / K. Banno, K. Yoshida, S. Hayashi, K. Tanabe // Journal Japanese Society Horticultural Science. – 1989. – Vol. 58, № 1. – P. 37–42.

7. Thakur, A. Mircropropagation of 'Wild Pear' *Pyrus pyrifolia* (Burm F.) Nakai. I. Explant establishment and shoot multiplication / A. Thakur, J. S. Kanwar // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. – 2008. – Vol. 36, № 1. – P. 103–108.

8. Micropropagation in wild pear (*Pyrus syrica*) / R. A. Shibli, M. M. Ajlouni, A. Jaradat [et al.] // Scientia Horticulturae. – 1997. – Vol. 68. – P. 237–242.

9. Micropropagation of pear (*Pyrus* sp.) / B. M. Reed, J. DeNoma, S. Wada, J. Postman // Protocols for micropropagation of selected economically-important horticultural plants / ed.: M. Lambardi, E. Ozudogru, S. Jain. – New York : Humana Press, 2012. – Vol. 994. – P. 1–24. – DOI: 10.1007/978-1-62703-074-8_1.

10. Микроклональное размножение груши (*Pyrus communis* L.) *in vitro* / И. В. Бартиш, С. М. Меркулов, В. И. Корховой, В. П. Копань // Физиология и биохимия культурных растений. – 1994. – Т. 26, № 1. – С. 84–90.

11. Shen, X.-S. Propagation *in vitro* of pear, *Pyrus communis* L., cultivars 'William's Bon Chrétien', 'Packham's Triumph' and 'Beurré Bosc' / X.-S. Shen, M. G. Mullins // Scientia Horticulturae. – 1984. – Vol. 23. – P. 51–57.

12. Freire, I. C. G. Improved culture media for the *in vitro* establishment of pear from nodal cuttings / I. C. G. Freire, C. P. S. Coelho, M. T. F. Barros // Acta Horticulturae. – 2002. – Vol. 596. – P. 457–461.

13. Micropropagation and field evaluation of the pear (*Pyrus communis* L.) 'IGE 2002', a new selection of the cultivar Dr. Jules Guyot / I. Iglesias, P. Vilardell, J. Bonany [et al.] // Journal of the American Society for Horticultural Science. – 2004. – Vol. 129. – P. 389–393.

14. Bhojwani, S. S. *In vitro* propagation of *Pyrus pyrifolia* / S. S. Bhojwani, K. Mullins, D. Cohen // Scientia Horticulturae. – 1984. – Vol. 23. – P. 247–254.

15. Optimization of *in vitro* propagation of pear (*Pyrus communis* L.) 'Pyrodwarf®(S)' rootstock / B. Kaviani, A. Barandan, A. Tymoszuk, D. Kulus // Agronomy. – 2023. – Vol. 13, ref. 53. – P. 1–12.

16. Erig, A. C. *In vitro* establishment of pear (*Pyrus* spp.) starting from meristems and buds / A. C. Erig, G. R. Fortes // Ciência Rural. – 2002. – Vol. 32, № 4. – P. 577–582.

17. Etude comparative de l'aptitude a la micropropagation, par culture de meristems *in vitro*, du poirier cv. 'Passe-Crassane' adulte et de poiriers juveniles issus de semis de 'Passe-Crassane' / K. Al-Maarri, M. Duron, Y. Arnaud, E. Miginiac // Comptes Rendus de l'Academie d'Agriculture de France. – 1986. – Vol. 72, № 5. – P. 413–421.

18. Al-Maarri, K. Micropropagation of *Pyrus communis* cultivar 'Passe Crassane' seedlings and cultivar 'Williams': factors affecting root formation *in vitro* and *ex vitro* / K. Al-Maarri, Y. Arnaud, E. Miginiac // Scientia Horticulturae. – 1994. – Vol. 58. – P. 207–214.

19. Estabelecimento e multiplicação *in vitro* de cultivares de *Pyrus* spp. / A. C. Dantas, A. N. Nesi, L. B. Machado [et al.] // Revista Brasileira de Agrociencia. – 2002. – Vol. 8. – P. 19–23.

20. *In vitro* propagation of *Pyrus* shoot tips / T. Hirabayashi, T. Moriguchi, I. Kozaki [et al.] // Bulletin of the Fruit Tree Research Station. Series A. – 1987. – № 14. – P. 9–16.

21. Viseur, J. Micropropagation of pear, *Pyrus communis* L., in a double-phase culture medium / J. Viseur // Acta Horticulturae. – 1987. – Vol. 212. – P. 117–124.

22. Nicolodi, R. Micropropagation experiments with *Pyrus betufolia* / R. Nicolodi, K. Pieber // Mitteilungen Klosterneuburg: Rebe und Wein, Obstbau und Früchteverwertung. – 1989. – Vol. 39, № 6. – S. 247–250.

23. Lane, W. D. Regeneration of pear plants from shoot meristem tips / W. D. Lane // Plant Science Letters. – 1979. – Vol. 16, № 2–3. – P. 337–342.

24. Stimart, D. P. *In vitro* shoot proliferation of *Pyrus calleryana* from vegetative buds / D. P. Stimart, J. F. Harbage // HortScience. – 1989. – Vol. 24, № 2. – P. 298–299.

25. Rossi, V. Propagation of *Pyrus calleryana* sel. D6 by *in vitro* culture / V. Rossi, G. De Paoli, P. Dal Pozzo // Acta Horticulturae. – 1991. – Vol. 300. – P. 145–148.

26. Yeo, D. Y. Micropropagation of three *Pyrus* rootstocks / D. Y. Yeo, B. M. Reed // HortScience. – 1995. – Vol. 30, № 3. – P. 620–623.

27. Effects of bud scales and gibberellins on dormancy of *in vitro* cultured Japanese pear leaf buds / T. Yotsuya, T. Ichii, M. Sawano [et al.] // Scientia Horticulturae. – 1984. – Vol. 24. – P. 177–184.

28. Dwivedi, S. K. In vitro propagation of low-chill pear cv. Gola / S. K. Dwivedi, L. D. Bist // Indian Journal of Horticulture. – 1999. – Vol. 56, № 3. – P. 189–193.

29. Cosac, A. C. *In vitro* propagation of some pear cultivars / A. C. Cosac, L. B. Frăsin, M. Isac // Acta Horticulturae. – 2008. – Vol. 800. – P. 447–452.

30. Мялик, М. Г. Клон груши Поздняя Белсад / М. Г. Мялик, О. А. Якимович // Интенсификация плодоводства Беларуси: традиции, достижения, перспективы : материалы междунар. науч. конф., посвящ. 85-летию Ин-та плодоводства, пос. Самохваловичи, 1 сент. – 1 окт. 2010 г. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2010. – С. 53–55.

31. Якимович, О. А. Новый сорт груши Вилия / О. А. Якимович // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2015. – Т. 27. – С. 80–86.

32. Якимович, О. А. Новый белорусский сорт груши Завея / О. А. Якимович, З. А. Козловская // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2016. – Т. 28. – С. 78–84.

33. Якимович, О. А. Новый сорт груши Купала / О. А. Якимович // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2014. – Т. 26. – С. 85–91.

34. Мялик, М. Г. Новый сорт груши Просто Мария / М. Г. Мялик, О. А. Якимович, М. П. Гарост // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Матвеев (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2007. – Т. 19. – С. 96–101.

35. Якимович, О. А. Новый белорусский сорт груши Спакуса / О. А. Якимович, Е. М. Мисюк // Плодоводство Беларуси: традиции и современность : материалы междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию образования РУП «Ин-т плодоводства», аг. Самохваловичи, 13–16 окт. 2015 г. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2015. – С. 134–137.

36. Мялик, М. Г. Новый сорт груши Ясачка / М. Г. Мялик, О. А. Якимович // Плодоводство : сб. науч. тр. / Ин-т плодоводства НАН Беларуси ; редкол.: В. А. Матвеев (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2006. – Т. 18. – Ч. 1. – С. 21–23.

37. Мялик, М. Г. Новый сорт груши Кудесница / М. Г. Мялик, О А. Якимович // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Матвеев (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2008. – Т. 20. – С. 121–127.

38. Якимович, О. А. Сорт груши Талгарская красавица в условиях Беларуси / О. А. Якимович // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2019. – Т. 31. – С. 49–54.

39. Марцинкевич, Т. Н. Предварительные результаты введения в культуру *in vitro* сортов груши / Т. Н. Марцинкевич, Е. В. Колбанова // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 30. – С. 52–55.

INTRODUCTION OF ZONED PEAR CULTIVARS INTO *IN VITRO* CULTURE IN THE REPUBLIC OF BELARUS

E. V. KOLBANOVA, N. V. KUKHARCHIK, T. N. BOZHIDAI

Abstract

Sterile and viable explants were obtained from nine pear cultivars zoned in the Republic of Belarus, including eight Belarusian-bred cultivars: Belorusskaya Pozdnaya, Viliya, Zaveya, Kupala, Prosto Maria, Spakusa, Yasachka (*P. communis* × × *P.* × *ussuriensis*), Kudesnitsa (*P. communis* × *P.* × *pyrifolia*), and one introduced cultivar–Talgarskaya Krasavitsa (*P. communis* × *P.* × *pyrifolia*). It is advisable to initiate *in vitro* culture during the periods of full dormancy (Viliya, Zaveya) or forced dormancy (Belorusskaya Pozdnaya, Kupala, Prosto Maria, Spakusa, Talgarskaya Krasavitsa, Yasachka), using the following sterilization protocol: 60 minutes in 0.5 % Oxychom with Tween-20 (non-sterile, using a shaker at 190 rpm); then, under a laminar flow hood: 1 minute in 70 % ethanol, 15 minutes in 33 % hydrogen peroxide, and 5 minutes rinsing in sterile distilled water. For the cultivar Kudesnitsa, it is recommended to initiate *in vitro* culture during full dormancy using a stricter sterilization protocol: 60 minutes in 0.5 % Oxychom with Tween-20 (non-sterile, using a shaker at 190 rpm); then, under a laminar flow hood: 1 minute in 70 % ethanol, 7 minutes in 0.1 % mercuric chloride, and three 5-minute rinses in sterile distilled water.

Keywords: Pyrus, in vitro culture, sterilization, initiation period, Belarus.

Поступила в редакцию 23.01.2025

УДК 634.141:581.143.6

ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO* И МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ХЕНОМЕЛЕСА (*CHAENOMELES* LINDL.)

И. Н. ОСТАПЧУК

РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: irisha.ostap4uk@bk.ru

АННОТАЦИЯ

В статье представлены данные исследований по эффективности введения в культуру *in vitro* перспективных гибридов хеномелеса японского, хеномелеса прекрасного и хеномеса превосходного, а также определен коэффициент размножения на различных этапах субкультивирования.

Способность эксплантов хеномелеса японского (*Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach), хеномелеса прекрасного (*Chaenomeles speciosa* (Sweet) Nakai) и хеномелеса превосходного (*Chaenomeles* × *superba* (Frahm) Rehder) к регенерационным процессам в культуре *in vitro* определяется сортовыми особенностями. Высоким процентом жизнеспособных эксплантов выделились гибрид С-47 (82,60 %), сорт Лихтар (73,01 %), гибрид 1-34-22 (72,22 %) и гибрид 01-2019-1 (60,31 %).

Число субкультивирований оказывает достоверное влияние на коэффициент размножения хеномелеса. У хеномелеса японского высоким коэффициентом размножения характеризуются сорт Лихтар (5,60) и перспективные гибриды С-47 (5,13) и 1-66-05 (5,83). У хеномелеса прекрасного максимальный коэффициент размножения отмечен у перспективного гибрида 1-52-22 на 6-м пассаже и составил 3,7. Максимальный коэффициент размножения у образцов хеномелеса превосходного отмечен на 6-м пассаже: для гибрида 1-34-22 – 3,73, для гибрида 1-38-22 – 3,2.

Ключевые слова: хеномелес, культура *in vitro*, эксплант, стерилизация, инициация, некроз, инфекция, коэффициент размножения, пассаж, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Хеномелес (*Chaenomeles*) – небольшой род семейства розовых (Rosaceae), состоящий из трех видов, встречающихся в Китае и Японии: хеномелес японский (*Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach), хеномелес прекрасный (*Chaenomeles speciosa* (Sweet) Nakai), хеномелес превосходный (*Chaenomeles* × *superba* (Frahm) Rehder). Хеномелес превосходный – это гибрид хеномелеса японского и хеномелеса прекрасного. Все три вида с многочисленными декоративными сортами успешно культивируются в России и Беларуси. В настоящее время в государственный реестр сортов включено 3 отечественных сорта этой культуры – Ароматный, Осенний и Лихтар [1]. Плоды хеномелеса обладают многими ценными качествами и характеризуются повышенным содержанием витамина С, Р-активных катехинов, органических кислот, макро- и микроэлементов и других полезных веществ [2–9]. Богатый химический состав плодов хеномелеса японского обуславливает перспективность их использования в пищевой промышленности для изготовления соков, сиропа, пюре, джема, алкогольных и безалкогольных газированных напитков, цукатов, продуктов функционального и лечебно-профилактического назначения, а также в фармацевтической и косметической промышленности, что, в свою очередь, вызывает заинтересованность в выращивании этой культуры и расширении ее сортимента [10].

Биотехнологические методы размножения растений, основанные на микроразмножении в культуре *in vitro*, позволяют быстро размножить и сохранить генетическую стабильность растений [11]. Первым и наиболее трудоемким этапом биотехнологических исследований, связанных с культурой тканей растений, является введение растительного материала в стерильную культуру. Перевод растений *in vivo – in vitro* должен обеспечить полную стерильность исходного материала [12]. На втором этапе микроразмножения необходимо подобрать оптимальный состав питательной среды, который обеспечит максимальные показатели роста и развития эксплантов, а также высокий выход посадочного материала в конечном итоге [13–15].

Цель исследований – оценить эффективность этапа введения в культуру *in vitro* и выявить зависимость коэффициента размножения от числа субкультивирований.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в отделе биотехнологии РУП «Институт плодоводства» в 2023–2024 гг.

Объектами исследований являлись 12 образцов (1 сорт, 11 перспективных гибридов) хеномелеса различной видовой принадлежности, выращенные на селекционном участке отдела ягодных культур РУП «Институт плодоводства»:

районированный сорт хеномелеса японского белорусской селекции Лихтар;

перспективные гибриды хеномелеса японского (С-47, 1-66-05, 5-50-03, 01-2019-1, 01-2019-2);

перспективные гибриды хеномелеса прекрасного (1-52-22, 1-53-22, 1-4-23, 1-40-23);

перспективные гибриды хеномелеса превосходного (1-34-22, 1-38-22).

Отбор образцов для введения в культуру *in vitro* проводили в первой декаде декабря. Эксплантами для инициации хеномелеса служили вегетативные почки. Для введения хеномелеса в культуру *in vitro* использовали питательную среду по прописи Мурасиге – Скуга [16], с добавлением аскорбиновой кислоты в концентрации 10 мг/л.

Схема стерилизации: экспланты в нестерильных условиях промывали сначала мыльным раствором, а затем в течение 30 мин 0,5%-ным раствором Оксихома, далее в ламинар-боксе: 1 мин – 70%-ный этанол, 3 мин – 30%-ная перекись водорода, 5 мин – промывка несколькими порциями стерильной дистиллированной водой.

Через 4–5 недель растения-регенераты культивировали на модифицированной среде Мурасиге – Скуга с добавлением 6-БА – 1,0 мг/л и гиббереллловой кислоты – 0,5 мг/л, pH – 5,6–5,7. Оценивали коэффициент размножения на различных этапах субкультивирования.

Условия культивирования растений *in vitro*: освещение – 2,5–3 тыс. лк, температура – +22…+24 °С, фотопериод – 16/8 ч. Растения-регенераты культивировали в пробирках 200 × 21 мм с объемом питательной среды 10 мл.

Опыты проводили в трехкратной повторности. Обработку полученных данных осуществляли с помощью компьютерной программы STATISTICA 6.0 и Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Способность эксплантов хеномелеса японского, хеномелеса прекрасного и хеномелеса превосходного к регенерационным процессам в культуре *in vitro* определяется сортовыми особенностями.

При введении в культуру *in vitro* хеномелеса высоким процентом жизнеспособных эксплантов выделились гибрид С-47 (82,60 %), сорт Лихтар (73,01 %), гибрид 1-34-22 (72,22 %) и гибрид 01-2019-1 (60,31 %) (табл. 1). Минимальное количество жизнеспособных эксплантов выявлено у гибрида 5-50-03 (19,84 %). Количество инфицированных эксплантов варьировало в пределах 11,11–39,68 %. Высокая доля некротировавших эксплантов (более 40 %) отмечена у гибридов 5-50-03 (хеномелес японский), 1-53-22 (хеномелес прекрасный) и 1-38-22 (хеномелес превосходный).

Основная задача этапа микроразножения – это получение необходимого количества посадочного материала. Растения-регенераты высаживаются на питательную среду для микроразмножения, где культивируются в течение 4–5 недель, и образованный конгломерат растений вновь пересаживается на свежую питательную среду. Этап микроразмножения обычно состоит из нескольких пассажей, число которых зависит от способности сорта к размножению и от нужного объема посадочного материала [11].

Определен коэффициент размножения на протяжении шести пассажей. В процессе микроразмножения установлено достоверное влияние ($p < 0,005$) числа субкультивирований и сортовой принадлежности ($p < 0,005$) на коэффициент размножения хеномелеса японского. У сорта Лихтар, перспективных гибридов С-47, 1-66-05, 01-2019-1 и 01-2019-2 максимальный коэффициент размножения отмечен на 6-м пассаже (рис. 1).

Высоким коэффициентом размножения характеризуются сорт Лихтар (5,60) и перспективные гибриды С-47 (5,13) и 1-66-05 (5,83). Что касается гибрида 5-50-03, то его коэффициент

Таблица 1. **Эффективность этапа введения в культуру *in vitro* сортообразцов хеномелеса, %**

Название образца	Доля жизнеспособных эксплантов	Доля инфицированных эксплантов	Доля некротировавших эксплантов
Сорт Лихтар	$73{,}01 \pm 0{,}16^{b}$	$13{,}18 \pm 4{,}48^{a}$	$13{,}81 \pm 4{,}36^{ab}$
Гибрид С-47	$82{,}60 \pm 2{,}02^{a}$	$12{,}45 \pm 2{,}40^{a}$	$4{,}94 \pm 2{,}48^{a}$
Гибрид 1-66-05	$57{,}51 \pm 2{,}23^{c}$	$22{,}53 \pm 4{,}48^{ab}$	$19{,}96 \pm 2{,}34^{b}$
Гибрид 5-50-03	$19{,}84 \pm 4{,}42^{f}$	$39{,}68 \pm 3{,}18^{d}$	$40{,}48 \pm 6{,}30^{d}$
Гибрид 01-2019-1	$60{,}31 \pm 3{,}17^{c}$	$25{,}40 \pm 5{,}72^{bc}$	$14{,}29 \pm 8{,}25^{ab}$
Гибрид 01-2019-2	$30{,}16 \pm 1{,}59^{e}$	$34{,}92 \pm 4{,}20^{cd}$	$34{,}92 \pm 4{,}20^{cd}$
Гибрид 1-52-22	$23{,}72 \pm 2{,}31^{ef}$	$39{,}53 \pm 1{,}07^{d}$	$36{,}75 \pm 1{,}71^{cd}$
Гибрид 1-53-22	$39{,}93 \pm 1{,}47^{d}$	$15{,}20 \pm 4{,}60^{ab}$	$44{,}87 \pm 3{,}39^{d}$
Гибрид 1-4-23	$25{,}09 \pm 2{,}88^{ef}$	$37{,}54 \pm 0{,}92^{d}$	$37{,}36 \pm 3{,}53^{cd}$
Гибрид 1-40-23	$52{,}38 \pm 3{,}26^{c}$	$22{,}53 \pm 0{,}55^{ab}$	$25{,}09 \pm 2{,}88^{bc}$
Гибрид 1-34-22	$72{,}22 \pm 5{,}55^{b}$	$11{,}11 \pm 5{,}56^{a}$	$16{,}67 \pm 0{,}00^{ab}$
Гибрид 1-38-22	$39{,}93 \pm 1{,}47^{d}$	$17{,}40 \pm 2{,}02^{ab}$	$42{,}67 \pm 3{,}48^{d}$

Примечание. Данные с одинаковыми буквами по столбцам статистически не различаются при $p < 0{,}05$ (критерий Дункана).

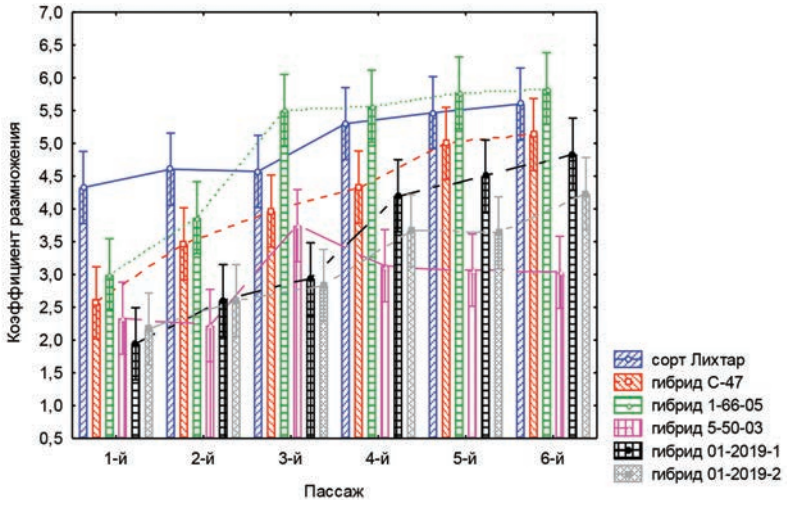


Рис. 1. Коэффициент размножения сортообразцов хеномелеса японского в зависимости от пассажа

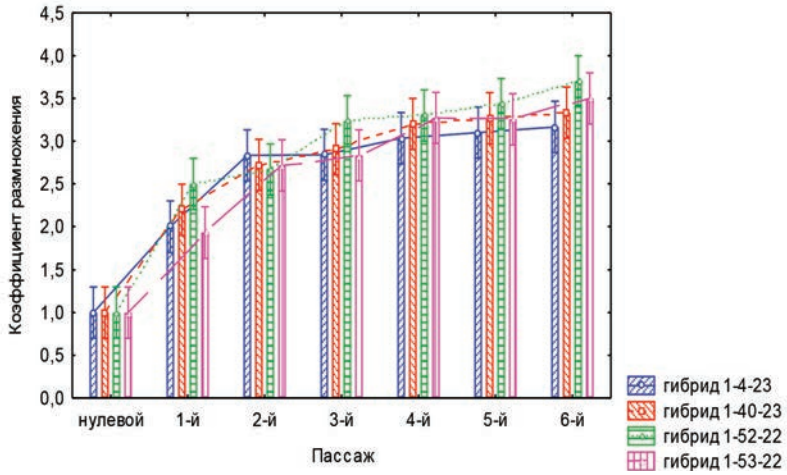


Рис. 2. Коэффициент размножения перспективных гибридов хеномелеса прекрасного в зависимости от пассажа

размножения на протяжении всего времени субкультивирования варьировал в пределах 2,22–3,74. Максимальный коэффициент размножения наблюдался на 3-м пассаже (3,74).

У всех изучаемых образцов хеномелеса прекрасного коэффициент размножения увеличивался от пассажа к пассажу, однако был ниже, чем у образцов хеномелеса японского (рис. 2).

На 1-м пассаже наблюдается низкий коэффициент размножения у всех изучаемых гибридов хеномелеса прекрасного (1,93–2,57). Максимальный коэффициент размножения отмечен у перспективного гибрида 1-52-22 на 6-м пассаже и составил 3,7.

Для перспективных гибридов хеномелеса превосходного установлено статистически значимое влияние числа субкультивирований ($p < 0{,}001$) на коэффициент размножения (рис. 3). На протяжении первых двух пассажей коэффициент размножения для гибридов 1-34-22 и 1-38-22 оставался невысоким и составил 2,29–2,75 и 2,07–2,50 соответственно. Максимальный коэффициент размножения у обоих образцов отмечен на 6-м пассаже: для гибрида 1-34-22 – 3,73, для гибрида 1-38-22 – 3,2.

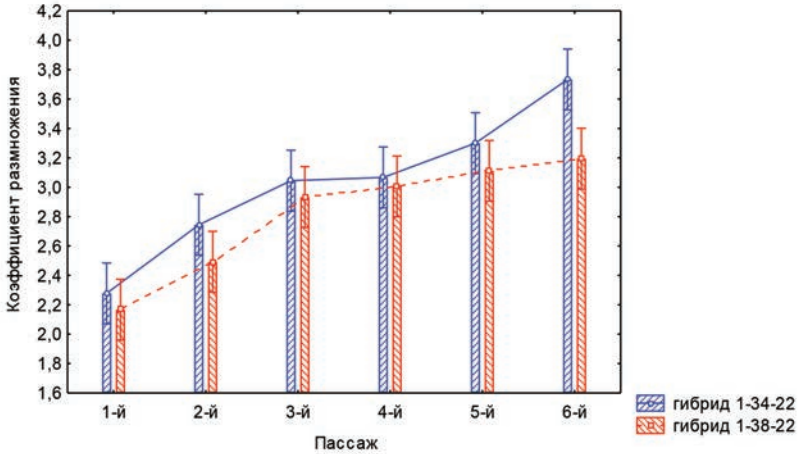


Рис. 3. Коэффициент размножения перспективных гибридов хеномелеса превосходного в зависимости от пассажа

ВЫВОДЫ

Таким образом, при введении в культуру *in vitro* хеномелеса различного видового типа установлено влияние сортовых особенностей, однако не выявлено влияние вида. Низкая регенерационная способность наблюдалась у гибридов всех изучаемых видов хеномелеса.

Установлено достоверное влияние числа субкультивирований на коэффициент размножения у всех изучаемых видов хеномелеса. Коэффициент размножения сортообразцов хеномелеса японского значительно выше, чем у сортообразцов хеномелеса прекрасного и превосходного, за исключением гибрида хеномелеса японского 5-50-03.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь / Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений ; отв. ред. В. А. Бейня. – Минск, 2017. – 225 с.

2. Перспективные формы хеномелеса для использования в функциональном питании / В. Н. Сорокопудов, О. А. Сорокопудова, А. Г. Куклина [и др.] // Овощи России. – 2017. – № 5 (38). – С. 80–83.

3. Valcheva-Kuzmanova, S. Chemical composition and antioxidant activity of *Chaenomeles maulei* fruit juice / S. Valcheva-Kuzmanova, M. Ognyanov, P. Denev // Journal of Biomedical and Clinical Research. – 2018. – Vol. 11, № 1. – P. 41–48.

4. *Chaenomeles japonica*, *Cornus mas*, *Morus nigra* fruits characteristics and their processing potential // Journal of Food Science and Technology. – URL: https://www.researchgate.net/publication/257798746_Chaenomeles_japonica_Cornus_mas_Morus_nigra_fruits_characteristics_and_their_processing_potential (date of access: 03.03.2025).

5. Biochemical composition and antioxidant activity of Japanese quince (*Chaenomeles japonica*) fruit, their syrup and candied fruit slices / M. Rubinskiene, P. Viskelis, J. Viskelis [et al.] // Scientific works of the Institute of Horticulture. – Babtai, 2014. – № 33 (1–2). – P. 45–52.

6. Industrial characteristics and consumer properties of *Chaenomeles* Lindl. fruits / Y. V. Lukholat, N. O. Khromykh, T. Y. Lykholat [et al.] // Ukrainian journal of ecology. – 2019. – Vol. 9 (3). – P. 132–137.

7. Chromatographic characterization of juice in fruits of different Japanese quince (*Chaenomeles japonica* L.) genotypes cultivated in Sweden / M. P. Hellin, M. J. Jordán, K. Rumpunen [et al.] // Emirates Journal of Food and Agriculture. – 2020. – Vol. 32 (11). – P. 816–825.

8. Биохимический состав плодов малораспространенных культур садоводства в Беларуси / Ж. А. Рупасова, И. М. Гаранович, Т. В. Шпитальная [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2014. – 315 с.

9. Пигуль, М. Л. Биохимический состав плодов хеномелеса японского (*Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach) в условиях Беларуси / М. Л. Пигуль, М. С. Шалкевич, И. Н. Остапчук // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – Т. 34. – С. 43–47.

10. Macro- and microelement content and other properties of *Chaenomeles japonica* L. fruit and protective effects of its aqueous extract on hepatocyte metabolism / I. Baranowska-Bosiacka, B. Bosiacka, J. Rast [et al.] // Biological Trace Element Research. – 2017. – Vol. 178. – P. 327–337.

11. Размножение плодовых, ягодных растений, винограда и хмеля в культуре *in vitro* / Н. В. Кухарчик, М. С. Кастрицкая, Е. В. Колбанова [и др.] ; под общ. ред. Н. В. Кухарчик. – Минск : Колорград, 2021. – 400 с.

12. Остапчук, И. Н. Введение в культуру *in vitro* малораспространенных культур в Беларуси: облепихи крушиновидной и хеномелеса японского / И. Н. Остапчук, Н. В. Кухарчик // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2016. – Т. 28. – С. 205–211.

13. Остапчук, И. Н. Влияние концентрации бензиладенина на микроразмножение хеномелеса японского / И. Н. Остапчук // Биотехнология в плодоводстве : материалы междунар. науч. конф., аг. Самохваловичи, 13–17 июня 2016 г. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – С. 92–94.

14. Колбанова, Е. В. Размножение смородины черной (*Ribes nigrum* L.) методом культуры ткани / Е. В. Колбанова, Н. В. Кухарчик // Плодоводство : науч. тр. / Белорус. науч.-исслед. ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2000. – Т. 13. – С. 119–124.

15. Красинская, Т. А. Морфогенез растений-регенерантов сортов винограда в культуре *in vitro* при использовании биологически активных веществ синтетического происхождения / Т. А. Красинская, А. А. Змушко // Журнал Белорусского государственного университета. Биология. – 2018. – № 2. – С. 95–104.

16. Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // Physiologia Plantarum. – 1962. – Vol. 15, iss 3. – P. 473–497.

INTRODUCTION TO *IN VITRO* CULTURE AND MICROPROPAGATION OF VARIOUS CHAENOMELES SPECIES (*CHAENOMELES* LINDL.)

I. N. OSTAPCHUK

Abstract

This article presents research data on the efficiency of *in vitro* introduction and micropropagation of promising hybrids of Japanese quince, flowering quince, and hybrid quince (*Chaenomeles japonica*, *Chaenomeles speciosa*, and *Chaenomeles* × × *superba*, respectively), along with multiplication rates at different subculturing stages.

The regeneration capacity of explants of *C. japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach, *C. speciosa* (Sweet) Nakai, and *C.* × *superba* (Frahm) Rehder in *in vitro* culture depends on varietal characteristics. High explant viability was observed in hybrid C-47 (82.60 %), cultivar Likhtar (73.01 %), hybrid 1-34-22 (72.22 %), and hybrid 01-2019-1 (60.31 %).

The number of subcultures significantly affected the multiplication rate. In *C. japonica*, high multiplication rates were recorded in cultivar Likhtar (5.60) and promising hybrids C-47 (5.13) and 1-66-05 (5.83). In *C. speciosa*, the highest multiplication rate was observed in hybrid 1-52-22 at the sixth subculture (3.7). In *C.* × *superba*, the maximum multiplication rates were also observed at the sixth subculture: 3.73 in hybrid 1-34-22 and 3.2 in hybrid 1-38-22.

Keywords: Chaenomeles, *in vitro* culture, explant, sterilization, initiation, necrosis, contamination, multiplication rate, subculture, Belarus.

Поступила в редакцию 17.03.2025

УДК 634.22:631.526.32:631.524.5

СЕЛЕКЦИЯ СЛИВЫ ДОМАШНЕЙ НА КРУПНОПЛОДНОСТЬ

М. Н. БОРИСЕНКО, В. В. ВАСЕХА

РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: marina91-2-67@mail.ru, witalij_waseha@tut.by

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты оценки коллекции образцов сливы домашней по массе плода и основным товарным качествам плодов в контексте установления эффективности их привлечения в гибридизацию и определения перспективных исходных форм для селекции сливы на крупноплодность в условиях Беларуси. На основании многолетних наблюдений было выделено 18 источников крупноплодности, которые будут использоваться в качестве родительских форм в селекционном процессе: 8 генотипов белорусской селекции – Венгерка белорусская, Волат, Даликатная, Кромань, Награда неманская, элитные гибриды 11-01/15 (Кубанская ранняя × Волат), 09-6/36 ([Нарач × Волжская красавица] × Нарач), 09-7/50 (Млиевчанка × Даликатная) и 10 интродуцированных сортов различного эколого-географического происхождения с достаточно высоким уровнем адаптивности к условиям Беларуси – Кубанская ранняя, Смолинка, Трудовніца Мліiва, Adelyn, Empress, President, Roman, Romanta, Sonora, Čačanska rana.

Ключевые слова: селекция, слива домашняя, гибрид, родительская форма, крупноплодность, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Все более востребованными населением и производством становятся косточковые культуры, в особенности слива домашняя. Открывающие фруктовый сезон плоды этих культур по своим внешним данным и вкусовым характеристикам являются объектом высокой коммерческой прибыли. Возросшее значение сливы домашней объясняется значительным улучшением ее сортимента, удлинением сроков поступления свежей продукции на рынок. Условия Беларуси благоприятны для повсеместного выращивания данной культуры [1].

Слива домашняя имеет ряд преимуществ, отличающих ее от других плодовых культур. Она более адаптивна к стрессовым условиям: зимостойка и морозоустойчива, достаточно засухоустойчива, обладает хорошей восстановительной способностью, что позволяет ей плодоносить в годы и с неблагоприятными погодными условиями. Поэтому совершенствование сортимента данной породы приобретает первоочередную актуальность [2].

В селекции сливы домашней сделан упор на сочетание в гибридном потомстве комплекса ценных признаков. Причем в селекции «венгерок» и «ренклодов» особое внимание уделяется получению гибридов с повышенным содержанием растворимых сухих веществ, а по группе «яичных» слив – крупноплодности и десертным качествам. Гибридологический анализ потомства выявил высокую степень гетерозиготности исходных форм, позволил установить влияние генотипической и модификационной изменчивости и определить типы наследования по основным признакам. Рассчитанные генетико-статистические параметры позволили сделать вывод о малой вероятности получения в F_1 сеянцев с более высокими, по сравнению с лучшими сортами, показателями зимостойкости, самоплодности, продуктивности, качества плодов. Однако при большом объеме гибридного материала имеется реальная возможность выделения – источников и доноров отдельных признаков. При использовании такого исходного материала в дальнейшей селекции можно получить сорта, сочетающие оптимальный комплекс ценных признаков [3, 4].

Промышленный сортимент сливы домашней Республики Беларусь включает 20 сортов различного назначения и сроков потребления, для приусадебного возделывания районировано 12 сортов сливы домашней (в том числе 3 сорта, предназначенные также для промышленного возделывания) [5]. Однако сортов, сочетающих высокие товарно-технологические и десертные качества, с ранним сроком созревания урожая недостаточно.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на опытном участке отдела селекции плодовых культур в РУП «Институт плодоводства» в условиях центральной зоны плодоводства Республики Беларусь.

Объектом исследований служила коллекция сливы домашней, которая состоит из 250 генотипов. Почва участков дерново-подзолистая, развитая на мощном лессовидном суглинке. Схема посадки 4,2 × 2,0 м, на клоновом подвое ВПК-1. Каждый сорт в коллекции представлен 3–5 растениями.

Максимальную и среднюю массу плодов определяли весовым методом с использованием электронных весов согласно «Генетическим основам и методике селекции плодовых культур и винограда» (Минск, 2019). Образцы сливы домашней с массой плода > 40 г относили в группу сортов с очень крупными плодами [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенной многолетней оценки коллекции сливы домашней по массе плода и основным товарным качествам плодов было выделено 22 источника крупноплодности, из них 8 генотипов белорусской селекции и 14 интродуцентов (см. таблицу).

Основные качественные показатели плодов сортообразцов сливы домашней

Генотип	Происхождение	Средняя масса плода, г	Максимальная масса плода, г	Окраска плода	Плотность мякоти	Отделяемость мякоти от косточки	Срок созревания
Венгерка белорусская	Stanley × Венгерка донецкая ранняя	40	45	Фиолетово-Синяя	Плотная	Средняя	Средний
Волат	Stanley × Пердригон	47	71	Фиолетово-синяя	Плотная	Легкая	Средне-поздний
Даликатная	Евразия 21 × Венгерка ажанская	47	64	Красная	Мягкая	Легкая	Ранний
Кромань	Пердригон × Венгерка ажанская	40	55	Синяя	Плотная	Легкая	Средне-ранний
Награда неманская	Не установлено	45	62	Синяя	Плотная	Легкая	Средне-ранний
Венгрия № 6	Не установлено	61	98	Темно-синяя	Мягкая	Легкая	Средне-поздний
Кубанская ранняя	Свободное опыление сорта Венгерка Венская	52	67	Фиолетово-синяя	Средняя	Легкая	Ранний
Смолинка	Очаковская чёрная (Пердригон) × Ренклод Улленса	41	48	Фиолетово-синяя	Средняя	Легкая	Средне-ранний
Трудовніца Млііва	Велетенська × Волошка	46	53	Фиолетово-бурая	Плотная	Средняя	Средне-поздний
Adelyn	Laxton's Early × Ruth Gerstetter	97	109	Желтая	Средняя	Легкая	Средний
Bluefre	Stanley × President	52	71	Фиолетово-синяя	Плотная	Легкая	Поздний
Empress	Не установлено	62	68	Фиолетово-синяя	Средняя	Легкая	Средне-поздний
Victoria	Не установлено	42	53	Красная	Мягкая	Средняя	Средний
President	Не установлено	48	52	Фиолетово-синяя	Плотная	Легкая	Поздний
Roman	Не установлено	45	57	Синяя	Средняя	Легкая	Средний
Romanta	Stanley × Valcean	47	59	Фиолетово-синяя	Средняя	Легкая	Средний
Sonora	Jubileum × BPr 5613 [R.C. Reforma × Ruth Gerstetter]	58	72	Фиолетово-синяя	Средняя	Легкая	Средний
Čačanska rana	Венгерка Вангенгейма × × Венгерка обыкновенная	61	75	Темно-синяя	Средняя	Легкая	Ранний
Favorita del sultano	Не установлено	52	74	Оранжево-красная	Плотная	Легкая	Средний

Окончание таблицы

Генотип	Происхождение	Средняя масса плода, г	Максимальная масса плода, г	Окраска плода	Плотность мякоти	Отделяемость мякоти от косточки	Срок созревания
11-01/15	(Кубанская ранняя × × Волат)	58	64	Фиолетово-синяя	Плотная	Легкая	Ранний
09-6/36	([Нарач × Волжская красавица] × Нарач)	43	54	Желтая	Средняя	Средняя	Средний
09-7/50	Млиевчанка × Даликатная	56	63	Желто-зеленая	Средняя	Средняя	Средний

В создании белорусских крупноплодных сортов сливы домашней в качестве родительских участвовали следующие формы, краткая характеристика эффективности использования которых приведена ниже.

Венгерка ажанская – сеянец неизвестного происхождения. С участием сорта Венгерка ажанская получены элитные отборы: 89-1/137, 89-1/106, 89-2/52, 89-2/54 (Венгерка донецкая ранняя × Венгерка ажанская), 89-3/65 (Венгерка Красная × Венгерка ажанская), 90-6/67, 90-2/51 (Венгерка ажанская × Волжская красавица). Данный сорт также был использован в качестве отцовской формы при создании белорусских сортов Даликатная и Кромань (включены в государственный реестр сортов Беларуси в 2005 г.), которые благодаря отцовскому компоненту выделяются высокой зимостойкостью, устойчивостью к болезням и вредителям, крупными плодами и отделяющейся от мякоти косточкой.

Венгерка донецкая ранняя – Ренклод фиолетовый × Венгерка ажанская. С участием данной родительской формы получены элитные гибриды 89-2/52, 89-2/54, 89-1/137, 89-1/106 (Венгерка донецкая ранняя × Венгерка ажанская), 89-2/115, 89-2/112 (Венгерка донецкая ранняя × Кромань), 89-4/29 (Венгерка донецкая ранняя × Виктория), 89-4/106 (Венгерка донецкая ранняя × Евразия 21). Этот сорт участвовал в качестве отцовской формы белорусского сорта Венгерка белорусская (включен в государственный реестр сортов Беларуси в 2015 г.).

Евразия 21 – сеянец от свободного опыления сорта Лакресцент неизвестным сортом сливы домашней. С участием сорта Евразия 21 получены элитные гибриды: 89-4/106 (Венгерка донецкая ранняя × Евразия 21), 90-2/26, 90-6/26, 90-6/29 (Евразия 21 × Десертная Красная), 90-3/44 (Евразия 21 × Волжская красавица), 89-1/70, 89-2/71, 90-1/17, 90-1/22 (Евразия 21 × Виктория), 89-2/86 (Stanley × Евразия 21). Является материнской формой белорусского сорта Даликатная, который включен в государственный реестр сортов Беларуси в 2005 г.

Пердригон (синонимы – Пердригон ранний, Пердригон от Барбье) – сеянец неизвестного происхождения. Включен в государственный реестр сортов Беларуси в 1967 г. Участвовал в получении элитных гибридов: 90-5/82, 90-5/91, 90-5/100, 90-5/93 (Пердригон св. оп.) и является материнской формой отечественного сорта Кромань (включен в государственный реестр сортов Беларуси в 2005 г.), а также отцовской формой белорусского сорта Волат, который был районирован в 2020 г.

Stanley – Венгерка ажанская × Великая синяя, выведен в США. В государственный реестр сортов Беларуси включен с 1999 г. Следует отметить, что по комплексу положительных биологических и хозяйственных показателей этот сорт был наиболее перспективен для селекционного и практического применения. С его использованием получен целый ряд элитных гибридов: 89-2/86 (Stanley × Евразия 21), 89-2/47 (Нарач × Stanley), 91-3/63 (Венгерка итальянская × Stanley), а также он служил материнской формой при создании гибридной популяции, из которой впоследствии были выделены сорта Венгерка белорусская (включен в государственный реестр сортов Беларуси в 2015 г.) и Волат (включен в государственный реестр сортов Беларуси в 2020 г.).

Венгерка обыкновенная (синонимы – Венгерка, Венгерка домашняя, Угорка, Угорка обыкновенная, Бессарабский чернослив, Горская слива) – сеянец неизвестного происхождения. За счет высокой экологической пластичности ареал распространения этого старинного сорта очень широкий. В качестве материнской формы использовался в создании белорусского сорта Нарач (включен в государственный реестр сортов Беларуси в 2009 г.).

Венгерка Вангенгейма (точное происхождение не установлено). От этого сорта получены перспективные и элитные гибриды: 89-1/7, 89-1/85 (Нарач × Венгерка Вангенгейма), 90-2/37 (Артистическая × Венгерка Вангенгейма), 90-3/29, 90-3/30 (Венгерка Вангенгейма × Десертная Красная), 90-3/67 (Венгерка Вангенгейма × Мирная). С привлечением данного образца в гибридизацию в качестве материнской формы был создан один из самых высококачественных сортов раннего срока созревания – сербский сорт Čačanska rana, который является перспективной исходной формой и для включения в скрещивания в климатических условиях Беларуси.

Волат – Stanley × Пердригон. Сорт сливы домашней селекции РУП «Институт плодоводства», районирован в 2020 г. Был включен в гибридизацию в качестве отцовской формы при создании перспективной формы 11-01/09 (Кубанский карлик × Волат), а также элитного отбора 11-01/15 (Кубанская ранняя × Волат), который характеризуется ранним сроком созревания, очень крупными плодами, высокой урожайностью и комплексной устойчивостью к основным заболеваниям (клястероспориоз и монилиальная гниль) (рис. 1).

Рис. 1. Элитный гибрид сливы 11-01/15

Рис. 2. Элитный гибрид сливы 09-6/36

Нарач – (Венгерка обыкновенная × Ренклод Альтана). Сорт сливы домашней селекции РУП «Институт плодоводства», включен в государственный реестр сортов в 2009 г. В результате оценки по комплексу признаков гибридного фонда, полученного от скрещиваний сортов Нарач × Ода в условиях селекционного сада, установлена высокая гетерозиготность исходных сортов по анализирующим признакам. Выявлена эффективность сочетания в данной комбинации скрещивания при селекции на зимостойкость (91 % зимостойких гибридов). Наблюдалось наследование потомством таких признаков, как высокая дегустационная оценка и хорошая отделяемость косточки от мякоти. Анализ эмпирического расщепления потомства по массе плода наглядно показывает наличие как в изучаемой гибридной семье, так и общей для селекции сливы проблемы: тенденции потомства крупноплодных сортов к мелкоплодию. Особую ценность для дальнейшей селекционной работы представляют отборные формы 09-2/41, 09-2/32, 09-2/31, 09-2/57, 09-2/59, созданные с участием сорта Нарач. Был выделен в элиту гибрид 09-6/36 ([Нарач × Волжская красавица] × Нарач), характеризующийся крупноплодностью, урожайностью, зимостойкостью, желтой окраской плодов, высоким содержанием сухих веществ и сахаров (рис. 2).

Даликатная – Евразия 21 × Венгерка ажанская. На основе данного сорта получены перспективные гибриды: 09-7/25, 09-7/37, 09-7/53, 09-7/67, 09-7/50 (Млиевчанка × Даликатная). Гибрид 09-7/50 выделяется по массе плода (средняя – 56 г, максимальная – 63 г) и является ценной исходной формой для дальнейшей селекции на крупноплодность и адаптивность к климатическим особенностям зимнего периода Беларуси.

При оценке коллекции по признаку крупноплодности наблюдалось варьирование средней массы плодов от 40 до 109 г. Наиболее крупноплодным из интродуцированных образцов является латвийский сорт Adelyn, у которого средняя масса плода составляла 97 г, максимальная –

достигала 109 г. Из белорусских сортов наибольшей крупноплодностью характеризовался сорт Волат, у которого средняя масса плода – 47 г, а максимальная – 71 г. Следует отметить, что родительские формы данного сорта (Stanley и Пердригон) не выделяются крупноплодностью, что свидетельствует о возможности получения трансгрессивных форм по массе плода благодаря высокой гетерозиготности привлекаемых в скрещивания сортов, несмотря на общую тенденцию стремления в гибридной популяции количественных показателей к среднепопуляционным значениям. Наибольшей средней массой плода среди белорусских элитных форм характеризовался гибрид 11-01/15 (Кубанская ранняя × Волат) – 58 г, чьи родительские формы также выделяются очень крупными плодами. Использование таких крупноплодных сортов, как Венгрия № 6, Bluefre, Victoria, Favorita del Sultano в гибридизации оказалось низкорезультативным, потомства с массой выше 40 г в сочетании с другими хозяйственно ценными признаками выделено не было.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведенной оценки коллекции сливы домашней по массе плода и основным товарным качествам плодов было выделено 22 источника крупноплодности, из них 8 генотипов белорусской селекции, у которых средняя масса плода составляет: Венгерка белорусская – 40 г, Волат – 47, Даликатная – 47, Кромань – 40, Награда неманская – 45 г; элитные формы 11-01/15 – 58 г, 09-6/36 – 43, 09-7/50 – 56 г. В качестве перспективных исходных форм для селекции сливы на крупноплодность было отобрано 10 сортов зарубежной селекции различного эколого-географического происхождения: Кубанская ранняя – 52 г, Смолинка – 41, Трудовніца Мліява – 46, Adelyn – 97, Empress – 62, President – 48, Roman – 45, Romanta – 47, Sonora – 58, Čačanska rana – 61 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васеха, В. В. Современное состояние плодоводства в Республике Беларусь / В. В. Васеха, А. А. Таранов // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2019. – Т. 31. – С. 7–12.

2. Васеха, В. В. Гаспадарчыя асаблівасці новых перспектыўных гібрыдаў слівы дамашняй / В. В. Васеха, М. М. Васільева, В. А. Мацвееў // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – Т. 32. – С. 68–74.

3. Матвеев, В. А. Исходный материал в селекции сливы домашней / В. А. Матвеев // Плодоводство : науч. тр. / Белорус. науч.-исслед. ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2000. – Т. 13. – С. 45–48.

4. Матвеев, В. А. Селекция сливы домашней в Беларуси (РУП «Институт плодоводства») / В. А. Матвеев // Актуальные вопросы современной селекции плодовых культур : материалы Междунар. науч. конф., аг. Самохваловичи, 22–25 авг. 2017 г. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – С. 26–34.

5. Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений / Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений ; ред. В. А. Бейня ; сост.: Т. В. Семашко [и др.]. – Минск : [б. и.], 2023. – 300 с.

6. Генетические основы и методика селекции плодовых культур и винограда / З. А. Козловская, С. А. Ярмолич, О. А. Якимович [и др.] ; под общ. ред. З. А. Козловской. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 249 с.

BREEDING OF EUROPEAN PLUM FOR LARGE FRUIT SIZE

M. N. BORISENKO, V. V. VASEKHA

Abstract

The article presents the results of an evaluation of a collection of European plum accessions based on fruit weight and key commercial fruit qualities, aimed at determining their effectiveness in hybridization and identifying promising initial forms for large-fruit-size breeding under the conditions of Belarus.

Based on long-term observations, 18 sources of large fruit size were identified for use as parental forms in the breeding process: 8 genotypes of Belarusian origin – Vengerka Belorusskaya, Volat, Delikatnaya, Kromanh, Nagrada Nemanskaya, and elite hybrids 11-01/15 (Kuban Rannya × Volat), 09-6/36 ([Narach × Volzhskaya Krasavitsa] × Narach), 09-7/50 (Mlievchanka × Delikatnaya); and 10 introduced cultivars from diverse ecological and geographical origins with a high level of adaptability to the Belarusian environment — Kuban Rannya, Smolinka, Trudovnitsa Mlieva, Adelyn, Empress, President, Roman, Romanta, Sonora, and Čačanska Rana.

Keywords: breeding, European plum, hybrid, parental form, large fruit size, Belarus.

Поступила в редакцию 03.03.2025

УДК 634.233:631.526.32:575.113.2:577.21

ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ СОРТОВ ВИШНИ ОБЫКНОВЕННОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SSR-МАРКЕРОВ

И. Г. ПОЛУБЯТКО, Т. А. ГАШЕНКО, А. А. ТАРАНОВ

РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by

АННОТАЦИЯ

Микросателлитные ДНК-маркеры эффективно используются для изучения генетического разнообразия генофонда и для ДНК-паспортизации сортов плодовых культур. Для анализа полиморфизма 12 исследуемых генотипов вишни было использовано десять SSR-маркеров. Результаты исследований свидетельствуют о довольно высоком генетическом разнообразии этих сортов. Количество аллелей на локус, идентифицированных в данном исследовании, варьировало от 2 до 20, в общей сложности было выявлено 93 аллеля. Среднее количество аллелей на локус для 12 сортов составило 9,3. Из использованных SSR-маркеров маркер EMPA015 имел наибольшее число аллелей – 20, маркер EMPA006 был наименее полиморфным. Для остальных маркеров было обнаружено от 4 до 13 аллелей на локус. Выявлены сорта вишни с редкими и уникальными аллелями. На основе данных SSR-анализа составлены молекулярно-генетические профили 12 сортов вишни, включенных в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений и разрешенных для возделывания в хозяйствах разных форм собственности в Республике Беларусь.

Ключевые слова: вишня, сорт, SSR-маркеры, молекулярно-генетический профиль, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Определение генотипов растений и определение сортовой принадлежности у плодовых культур играют ключевую роль в исследовании генетического разнообразия коллекций и все более активно используются в селекционной работе. Разработка нового сорта плодовых растений с желаемыми характеристиками может занять от двух до трех десятилетий. Использование генетических источников, обладающих определенными признаками, подтвержденными объективной оценкой, существенно повышает эффективность селекционного процесса. В связи с этим особую актуальность приобретают современные молекулярно-генетические методы идентификации генотипов плодовых культур [1, 2]. Среди них наиболее популярным для исследования генетического разнообразия растений и генотипирования отдельных экземпляров является метод SSR-маркирования, который основывается на анализе полиморфизма микросателлитных локусов генома.

Геном вишни обыкновенной (*Prunus cerasus* L.) демонстрирует значительное сходство с геномом черешни и другими представителями рода *Prunus*, что открывает возможности для использования молекулярных маркеров к локусам микросателлитных последовательностей, разработанных для других видов данного рода в анализе генетического разнообразия вишни обыкновенной.

Сначала микросателлитные маркеры для изучения генетического разнообразия и паспортизации плодовых культур рода *Prunus* (персик, слива, абрикос, черешня, вишня) были выделены у персика (*P. persica*), а затем эти маркеры начали использоваться для вишни и черешни [3, 4].

Первые результаты исследований по изучению генетического разнообразия черешни и вишни с использованием SSR-маркеров отражены в работах E. Dirlewanger, P. Cosson, M. Tavaud et al. [5], S. Downey, A. Iezzoni [6], C. Cantini, A. F. Iezzoni, W. F. Lamboy et al. [7], A. Wünsch, J. I. Hormaza [8, 9], S. Schueler, A. Tusch, M. Schuster, B. Ziegenhangen [10], S. P. Vaughan, K. Russell [11], Y. A. Kacar, A. Iezzoni, S. Cetiner [12], S. Ohta, T. Katsuki, T. Tanaka et al. [13], A. M. Höltken, H. R. Gregorius [14], D. Struss, R. Ahmad, S. M. Southwick, M. Boritzki [15], A. Frei, D. Szalatnay, T. Zollinger, J. E. Frey [16].

E. Dirlewanger, P. Cosson, M. Tavaud и другие соавт. [5] проводили анализ генетического разнообразия 21 сорта черешни с использованием 41 SSR-маркера серии BPPCT, разработанных для

персика. Число аллелей на локус колебалось от 1 до 6, в среднем составляя 2,8. Изучаемые сорта черешни отличались лишь по маркерам BPPCT034, BPPCT038 и BPPCT040.

C. Cantini, A. F. Iezzoni, W. F. Lamboy и другие соавт. [7] проанализировали полиморфизм 59 образцов тетраплоидной вишни из американской коллекции, используя 10 пар SSR-праймеров. Сорта вишни демонстрировали высокий уровень полиморфизма, варьирующий от 4 до 16 аллелей на пару праймеров. Уровень гетерозиготности колебался в диапазоне от 0,679 до 1,000, тогда как показатель полиморфизма находился в пределах от 0,655 до 0,906, с усредненным значением 0,810 для всех исследованных пар праймеров. Анализ показал, что наибольшую эффективность в определении генетического разнообразия демонстрирует пара праймеров PMS3, в то время как пара PS08E08 обладает наименьшей информативностью.

В своих работах A. Wünsch и J. I. Hormaza [8, 9] на черешне протестировали 34 пары микросателлитных праймеров, разработанных для персика, для идентификации генетических особенностей черешни. Из этих маркеров 13 продемонстрировали полиморфизм и 9 из них были использованы для идентификации 72 из 76 исследованных генотипов черешни, охватывающих как старые сорта, так и новые генотипы, полученные в ходе селекционных программ.

В исследовании, проведенном Y. A. Kacar, A. Iezzoni, S. Cetiner [12], для идентификации сортов и типов черешни было применено 13 SSR-маркеров, выделенных из черешни (*P. avium* L.), вишни (*P. cerasus* L.) и персика (*P. persica* (L.) Batsch). Из этих маркеров 7 (pceGA77, pceGA34, pceGA25, PMS2, PMS3, PMS30, PMS67) продемонстрировали наибольшую информативность, обеспечивая выявление от 3 до 6 аллелей на каждый локус.

В Беларуси подобные исследования были начаты О. Ю. Урбанович, П. В. Кузмицкой, З. А. Козловской и А. А. Тарановым на базе Института генетики и цитологии НАН Беларуси [17]. Их научно-исследовательская работа была сосредоточена на анализе генетического разнообразия SSR-аллелей коллекции сортов вишни обыкновенной РУП «Институт плодоводства», а также на выборе набора молекулярных маркеров для их идентификации. Сформированная выборка включала 17 образцов различного географического происхождения – из Беларуси, России, Украины, Польши, Венгрии, США. Исследование данной коллекции сортов вишни, проведенное авторами с помощью 24 SSR-маркеров, показало, что они характеризуются высоким генетическим разнообразием, а также был выбран набор из 8 SSR-маркеров, позволяющий проводить идентификацию сортов.

Цель данного исследования – ДНК-маркирование для оценки полиморфизма SSR-аллелей и составление молекулярно-генетических профилей сортов вишни, включенных в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений, для охраны авторских прав и сохранения уникального коллекционного материала.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в лаборатории ПЦР-диагностики отдела селекции плодовых культур РУП «Институт плодоводства».

В качестве объектов для исследований служили 12 сортов вишни, включенных в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений и разрешенных для возделывания в хозяйствах разных форм собственности в Республике Беларусь (табл. 1).

Создание молекулярно-генетических профилей для сортов вишни осуществлялось с учетом предварительной оптимизации ключевых параметров. Из молодых листьев вишни экстракция ДНК осуществлялась с использованием набора Genomic DNA Purification Kit, согласно рекомендованному протоколу. Амплификацию осуществляли на термоциклере C1000 Touch Thermal Cycler BioRad. Изучение полиморфизма проводили с использованием ПЦР с флуоресцентно-мечеными праймерами: EMPA018, EMPA007, EMPA005, EMPA015, EMPA006, EMPA001, EMPA026, BPPCT016, BPPCT040, BPPCT004 [5, 18].

Для одновременного анализа нескольких генетических локусов были сформированы группы SSR-маркеров, называемые мультиплексными наборами. В состав первого мультиплекса входили маркеры EMPA018 и EMPA007, во второй – маркеры EMPA005 и BPPCT016, в третий –

Таблица 1. **Объекты исследования**

Сорт	Происхождение	Страна происхождения
Вянок	Новодворская св. оп.	Беларусь
Гриот белорусский	Гриот остгеймский × Новодворская	Беларусь
Жывица	Гриот остгеймский × Денисена желтая	Беларусь
Ласуха	Молодежная × Норт стар	Беларусь
Ливенская	Любская × Жуковская	Россия
Несвижская	Староместный сорт	Беларусь
Новодворская	Сеянец № 1, св. оп.	Беларусь
Памяти Вавилова	Сеянец неизвестного сорта	Россия
Ровесница	Сорт № 11 × Ширпотреб черная	Россия
Сеянец № 1	Сеянец местной вишни	Беларусь
Тургеневка	Жуковская, св. оп.	Россия
Уйфехертой фюртош	Клон сорта Панди	Венгрия

Таблица 2. **Микросателлитные маркеры для изучения генетического разнообразия и создания генетических профилей сортов вишни**

№	Название	Последовательность олигонуклеотида	Размер аллелей, п. н.
A	EMPA018	F: 5’-TCCAAGAACAAAGCCAAAATC-3’	88–123
		R: 5’-AATTTCAATGCATTCTGGATAG-3’	
C	EMPA007	F: 5’-CAACCTCAAGGGCATATTGG-3’	174–188
		R: 5’-ACCAATGCAAAGCATTCTCC-3’	
D	EMPA005	F: 5’-TGGGTTTGAGCAATATGCAA-3’	244–282
		R: 5’-CACCAATACACATGCACACG-3’	
E	BPPCT016	F: 5’-GATTGAGAGATTGGGCTGC-3’	94–96
		R: 5’-GAGGATTCTCATGATTTGTGC-3’	
F	EMPA015	F: 5’-TTTTGGTCAATCTGCTGCTG-3’	192–262
		R: 5’-CTCTCATCTTCCCCCTCCTC-3’	
G	BPPCT040	F: 5’-ATGAGGACGTGTCTGAATGG-3’	127–159
		R: 5’-AGCCAAACCCCTCTTATACG-3’	
H	EMPA006	F: 5’-CCGGTGATTTATAAACATTCCA-3’	101–106
		R: 5’-TCTTTGTGTTGAAATGCCCA-3’	
J	BPPCT004	F: 5’-CTGAGTGATCCATTTGCAGG-3’	181–200
		R: 5’-AGGGCATCTAGACCTCATTGTT-3’	
K	EMPA001	F: 5’-GCTCTGCTGCTTCAACCATT-3’	133–178
		R: 5’-TTTCCCAACACACTTACCCC-3’	
L	EMPA026	F: 5’-ATTGAAAAAGCCAAAGAGCG-3’	184–238
		R: 5’-TTCACGGTTTGAAGCAAGTG-3’	

EMPA015 и BPPCT040, в четвертый – EMPA006 и BPPCT004, в пятый – EMPA001 и EMPA026. Маркеры, используемые для оценки генетического разнообразия и составления профиля сортов вишни, приведены в табл. 2.

Реакционная смесь для проведения ПЦР с конечным объемом 10 мкл имела следующий состав: 5,0 мкл Quick-Load TAQ 2X Master Mix, 10 мкМ каждого праймера, ДНК-матрица (20 мкг/мкл) – 0,5 мкл, смесь доводили до объема 10,0 мкл ddH_2O.

Для ПЦР с праймерами серии EMPA были выбраны следующие условия амплификации: 1 цикл: 95 °С – 5 мин; 10 циклов: 95 °С – 40 с, 60 °С – 60 с (–1 °С на цикл), 72 °С – 30 с; 25 циклов: 95 °С – 40 с, 50 °С – 60 с, 72 ° С – 30 с; 1 цикл: 72 °С – 5 мин.

Амплификацию с праймерами серии BPPCT проводили в условиях: 1 цикл: 95 °С – 5 мин; 35 циклов: 95 °С – 40 с, 57 °С – 60 с, 72 °С – 30 с; 1 цикл: 72 °С – 5 мин.

Электрофоретический анализ продуктов ПЦР проведен в 1,5%-ном агарозном геле в 0,5× ТВЕ-буфере. Гель был окрашен с применением этидия бромида и затем визуализирован под ультрафиолетовым излучением с помощью системы документирования геля Bio-Rad. Далее продукты амплификации были разделены методом капиллярного электрофореза на генетиче-

ском анализаторе GenomeLab GeXP. В качестве стандарта при отработке экспериментальных параметров ПЦР использовался GenomeLab DNA Size Standard Kit - 600 (Beckman Coulter).

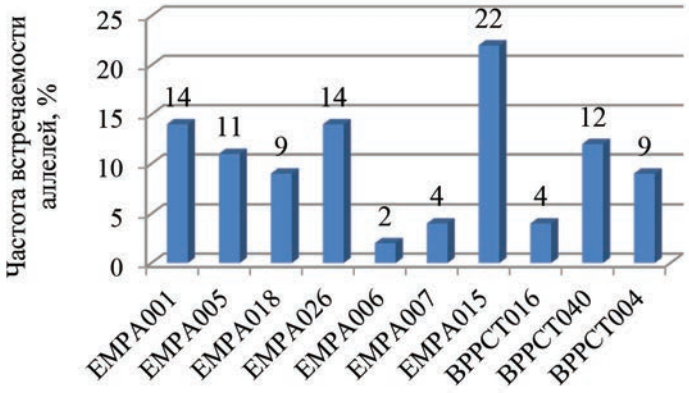
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В рамках исследования для каждого примененного генетического маркера были определены размеры аллелей и число различных полиморфных фрагментов по каждому из 12 сортов вишни. Наблюдаемая вариативность аллелей колебалась от 2 до 20 в зависимости от конкретного локуса. Среди всех локусов наименьшей генетической изменчивостью отличался локус EMPA006, где было обнаружено всего 2 варианта аллелей. Маркеры EMPA007 и BPPCT016 показали наличие 4 различных аллелей. Для локусов EMPA018, BPPCT004 и EMPA005 выявили 8, 8 и 10 аллелей соответственно. Особо выделяются маркеры BPPCT040, EMPA026 и EMPA001, позволившие выявить 11 и 13 полиморфных аллелей в геномах исследуемых образцов. Максимальное разнообразие – 20 аллелей – было выявлено в локусе EMPA015. В итоге, по 10 изученным локусам в 12 сортах вишни было идентифицировано 93 различных аллеля (табл. 3).

Таблица 3. **Полиморфизм SSR-локусов у 12 сортов вишни**

Локус	Размер аллелей, п. н.	Число аллелей	Число уникальных аллелей	Число редких аллелей
EMPA018	88–123	8	4	0
EMPA007	174–188	4	2	0
EMPA005	244–282	10	5	3
BPPCT016	94–96	4	2	0
EMPA015	192–262	20	14	1
BPPCT040	127–159	11	5	2
EMPA006	101–106	2	1	0
BPPCT004	181–200	8	3	1
EMPA001	133–178	13	4	6
EMPA026	184–238	13	8	2
Итого		93	48	15
Среднее на локус		9,3	4,8	1,5

В среднем на один локус у анализируемых сортов приходится около 9,3 аллеля. Частота распределения аллельных вариаций в 10 изученных микросателлитных локусах колебалась от 2 до максимального значения в 22 %. Бóльшая часть (преимущественно) аллей обнаруживалась с частотой ниже 14 % (см. рисунок).



Частота встречаемости аллелей 10 SSR-локусов в 12 сортах вишни

При оценке полиморфизма SSR-локусов у изученных сортов отдельно учитывали частоту уникальных аллелей, присутствующих только в одном сорте выборки, и редких аллелей, которые встречались в двух сортах. Из 93 аллелей, идентифицированных в 10 SSR-локусах, в общей

сложности 15 были редкими. В зависимости от локуса количество редких аллелей варьировало от 0 (EMPA018, EMPA006, EMPA007 и BPPCT016) до 6 (EMPA001). В выборке изученных сортов вишни было обнаружено 10 сортов с уникальными аллелями, редкие аллели были обнаружены у 11 сортов (табл. 4).

Таблица 4. **Редкие и уникальные аллели SSR-локусов 12 сортов вишни**

Аллель		Сорт	Аллель		Сорт
EMPA018	**84**	**Сеянец № 1**	BPPCT040	**132**	**Тургеневка**
	103	**Ласуха**		**134**	**Сеянец № 1**
	115	**Несвижская**		136	Уйфехертой фюртош, Ровесница
	119	**Гриот белорусский**		**137**	**Памяти Вавилова**
EMPA005	**244**	**Жывица**		**138**	**Ласуха**
	246	Новодворская, Ливенская		139	Гриот белорусский, Вянок
	247	**Памяти Вавилова**		**148**	**Гриот белорусский**
	249	**Несвижская**	EMPA006	**101**	**Несвижская**
	259	**Несвижская**	EMPA001	**135**	**Памяти Вавилова**
	260	Гриот белорусский, Памяти Вавилова		141	Уйфехертой фюртош, Несвижская
	280	Уйфехертой фюртош, Несвижская		**142**	**Ровесница**
	283	**Гриот белорусский**		144	Новодворская, Ливенская
EMPA015	197	Гриот белорусский, Ливенская		145	Памяти Вавилова, Вянок
	217	**Гриот белорусский**		**147**	**Сеянец № 1**
	222	**Жывица**		150	Несвижская, Ровесница
	223	**Гриот белорусский**		**151**	**Вянок**
	224	**Несвижская**		158	Гриот белорусский, Ливенская
	225	**Тургеневка**		164	Уйфехертой фюртош, Жывица
	227	**Памяти Вавилова**	EMPA026	**207**	**Тургеневка**
	230	**Ровесница**		213	Памяти Вавилова, Сеянец № 1
	231	**Сеянец № 1**		**215**	**Гриот белорусский**
	232	**Жывица**		222	Уйфехертой фюртош, Ровесница
	243	**Уйфехертой фюртош**		**224**	**Ласуха**
	254	**Памяти Вавилова**		**226**	**Несвижская**
	255	**Сеянец № 1**		**230**	**Жывица**
	257	**Уйфехертой фюртош**		**234**	**Несвижская**
	261	**Вянок**		**236**	**Ласуха**
BPPCT004	**181**	**Тургеневка**		**239**	**Сеянец № 1**
	185	**Гриот белорусский**	BPPCT016	**87**	**Тургеневка**
	194	**Тургеневка**		**91**	**Памяти Вавилова**
	198	Ласуха, Ровесница	EMPA007	**177**	**Тургеневка**
				179	**Памяти Вавилова**

Примечание. Полужирным шрифтом выделены уникальные аллели.

Максимальное количество уникальных аллелей отмечено у сортов Гриот белорусский, Память Вавилова, Тургеневка и Несвижская – по 7 аллелей. Уникальные аллели отмечены у сорта Сеянец № 1 – 6 аллелей, Жывица и Ласуха – по 4 аллеля, Ровесница, Вянок и Уйфехертой фюртош – по 2 аллеля.

Наибольшее количество редких аллелей отмечено у сорта Уйфехертой фюртош с 5 аллелями, по 4 редких аллеля имели сорта Ливенская, Гриот белорусский и Ровесница, по 3 аллеля – Память Вавилова и Несвижская. Сорта Несвижская, Жывица, Гриот белорусский, Память Вавилова, Уйфехертой фюртош, Сеянец № 1, Вянок, Ласуха, Ровесница имели одновременно как редкие, так и уникальные аллели.

Использование SSR-маркеров для ДНК-идентификации позволило составить генетические профили 12 сортов вишни. Анализ данных, приведенных в табл. 5, показал, что у каждого сорта вишни наблюдается уникальная комбинация аллелей в исследованных локусах. Некоторые полиморфные маркеры обнаруживают более 2 аллелей в геноме вишни обыкновенной, что сви-

детельствует о наличии у них нескольких сайтов связывания в геноме и, соответственно, о полилокусном характере. В отличие от вишни, у черешни и персика эти же маркеры характеризуются как монолокусные. Такая особенность обусловлена тетраплоидным происхождением вишни. Наши выводы согласуются с данными ранее проведенных исследований [17].

Таблица 5. **Молекулярно-генетические профили сортов вишни, включенных в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений**

Образец	Длина аллелей в SSR-локусах, п. н.
Вянок	$A_{83}C_{178}D_{245}E_{88}F_{196:226:261}G_{123:131:139}H_{103}J_{182:200}K_{145:151:154}L_{208:212:227}$
Гриот белорусский	$A_{111:119}C_{178}D_{260:283}E_{88}F_{197:201:217:223}G_{131:139:148}H_{103}J_{185:201}K_{146:155:158}L_{208:215}$
Жывица	$A_{99:111}C_{178}D_{244}E_{89}F_{200:222:232}G_{136:146}H_{103}J_{182:200}K_{146:154:164}L_{208:212:230}$
Ласуха	$A_{83:103:111}C_{180}D_{245:258}E_{89}F_{196:200:226}G_{123:133:138:146}H_{103}J_{182:198}K_{146:154}L_{208:212:224:236}$
Ливенская	$A_{99:107}C_{178}D_{246}E_{88}F_{197:201:226:253}G_{123:133}H_{103}J_{183:201}K_{144:154:158}L_{208:227}$
Несвижская	$A_{111:115}C_{178}D_{249:259:280}E_{88}F_{196:200:224:253}G_{133:146}H_{101}J_{182:200}K_{141:150:154}L_{208:226:234}$
Новодворская	$A_{99}C_{178}D_{246}E_{89}F_{200:226:253}G_{123:131}H_{103}J_{182:201}K_{144:154}L_{208:212}$
Памяти Вавилова	$A_{99:111}C_{179}D_{247:260}E_{91}F_{201:227:254}G_{123:133:137}H_{103}J_{183:201}K_{135:145:155}L_{208:213:227}$
Ровесница	$A_{83:107}C_{180}D_{258}E_{89}F_{196:226:230}G_{133:146}H_{103}J_{182:198}K_{142:146:150:154}L_{208:212:222}$
Сеянец № 1	$A_{84}C_{180}D_{245:258}E_{89}F_{201:231:255}G_{123:134}H_{103}J_{183}K_{147:155}L_{208:213:239}$
Тургеневка	$A_{83:107}C_{177}D_{245}E_{87}F_{196:200:225}G_{132:146}H_{103}J_{181:194:200}K_{146:154}L_{207:212}$
Уйфехертой фюртош	$A_{99}C_{178}D_{258:280}E_{88}F_{196:200:243:257}G_{136}H_{103}J_{182}K_{141:154:164}L_{208:222}$

Изучение распределения генетических аллелей в образцах вишни выявило, что каждый сорт обладает уникальным набором этих аллелей. Каждый профиль представляет собой своеобразную генетическую формулу и состоит из буквенных обозначений, где каждая буква соответствует определенному генетическому локусу (*A* – EMPA018, *C* – EMPA007, *D* – EMPA005, *E* – BPPCT016, *F* – EMPA015, *G* – BPPCT040, *H* – EMPA006, *J* – BPPCT004, *K* – EMPA001, *L* – EMPA026), а индекс указывает на размер соответствующего аллеля. Такая молекулярно-генетическая классификация позволяет создать базу данных генотипов исследованных сортов вишни и с высокой точностью отличать их друг от друга на молекулярном уровне благодаря использованию специально подобранной системы маркеров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований полиморфизма 10 микросателлитных локусов у 12 районированных сортов вишни обыкновенной было выявлено 93 аллеля. В зависимости от конкретного локуса количество аллелей колебалось от 2 до 20, в среднем составив 9,3. Наибольшей полиморфностью выделялся локус EMPA015, тогда как локус EMPA006 оказался наименее полиморфным. Число обнаруживаемых аллелей в локусе зависит от состава выборки исследуемых образцов и значительно возрастает при увеличении разнообразия генотипов. В ходе работы были выделены сорта вишни, обладающие редкими (Новодворская, Ливенская, Гриот белорусский, Память Вавилова, Уйфехертой фюртош, Несвижская, Ласуха, Ровесница, Вянок, Жывица, Сеянец № 1) и уникальными аллелями (Сеянец № 1, Ласуха, Несвижская, Гриот белорусский, Жывица, Память Вавилова, Тургеневка, Ровесница, Уйфехертой фюртош, Вянок).

На основе данных SSR-анализа составлены молекулярно-генетические профили 12 сортов вишни, включенных в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений и разрешенных для возделывания в хозяйствах разных форм собственности в Республики Беларусь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Куликов, И. М. Значение генетических коллекций плодовых культур для инновационного развития отрасли / И. М. Куликов, Л. А. Марченко // Вестник Российской академии наук. – 2015. – № 85 (1). – С. 18.

2. Развитие научной школы по садоводству профессора В. В. Кичины, выдающегося генетика и селекционера / И. М. Куликов, Н. Г. Морозова, В. С. Симонов, О. А. Сорокопудова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – № 49. – С. 186–195.

3. AC/GT and AG/CT microsatellites repeats in peach (*Prunus persica* (L.) Batsch): isolation, characterization and cross-species amplifications in *Prunus* / G. Cipriani, G. Lot, W.-G. Huang [et al.] // Theoretical and Applied Genetics. – 1999. – Vol. 99. – P. 65–72.

4. Development and variation analysis of microsatellite markers in peach / M. J. Aranzana, J. Garcia-Mas, J. Carbo, P. Arùs // Plant Breeding. – 2002. – Vol. 121. – P. 87–92.

5. Development of microsatellite markers in peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] and their use in genetic diversity analysis in peach and sweet cherry (*Prunus avium* L.) / E. Dirlewanger, P. Cosson, M. Tavaud [et al.] // Theoretical and Applied Genetics. – 2002. – Vol. 105. – P. 127–138.

6. Downey, S. Polymorphic DNA markers in black cherry (*Prunus serotina*) are identified using sequences from sweet cherry, peach and sour cherry / S. Downey, A. Iezzoni // Journal of the American Society of Horticultural Science. – 2000. – Vol. 125. – P. 76–80.

7. DNA fingerprinting of tetraploid cherry germplasm using simple sequence repeats / C. Cantini, A. F. Iezzoni, W. F. Lamboy [et al.] // Journal of American Society of Horticultural Sciences. – 2001. – Vol. 126 (2). – P. 205–209.

8. Wünsch, A. Molecular characterisation of sweet cherry (*Prunus avium* L.) genotypes using peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] SSR sequences / A. Wünsch, J. I. Hormaza // Heredity. – 2002. – Vol. 89. – P. 56–63.

9. Wünsch, A. Molecular evaluation of genetic diversity and S allele composition of local Spanish sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars / A. Wünsch, J. I. Hormaza // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2004. – Vol. 51. – P. 635–641.

10. Characterization of microsatellites in wild and sweet cherry (*Prunus avium* L.) – markers for individual identification and reproductive processes / S. Schueler, A. Tusch, M. Schuster, B. Ziegenhangen // Genome. – 2003. – Vol. 46 (1). – P. 95–102.

11. Vaughan, S. P. Characterization of novel microsatellites and development of multiplex PCR for large-scale population studies in wild cherry, *Prunus avium* / S. P. Vaughan, K. Russell // Molecular Ecology Notes. – 2004. – Vol. 4. – P. 429–431.

12. Kacar, Y. A. Sweet cherry cultivar identification by using SSR markers / Y. A. Kacar, A. Iezzoni, S. Cetiner // Journal of Biological Sciences. – 2005. – Vol. 5 (5). – P. 616–619.

13. Genetic variation in flowering cherries (*Prunus subgenus Cerasus*) characterized by SSR markers / S. Ohta, T. Katsuki, T. Tanaka [et al.] // Breeding Science. – 2005. – Vol. 55. – P. 415–424.

14. Höltken, A. M. Detecting local establishment strategies of wild cherry (*Prunus avium* L.) / A. M. Höltken, H. R. Gregorius // BMC Ecology. – 2006. – Vol. 6 (13).

15. Analysis of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars using SSR and AFLP markers / D. Struss, R. Ahmad, S. M. Southwick, M. Boritzki // Journal of the American Society for Horticultural Science. – 2003. – Vol. 128. – P. 904–909.

16. Molecular characterization of the national collection of Swiss cherry cultivars / A. Frei, D. Szalatnay, T. Zollinger, J. E. Frey // The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. – 2010. – Vol. 85 (4). – P. 277–282.

17. Разнообразие SSR-аллелей сортов вишни обыкновенной (*Prunus cerasus*) / О. Ю. Урбанович, П. В. Кузмицкая, З. А. Козловская, А. А. Таранов // Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. – 2014. – № 2. – С. 64–69.

18. Clarke, J. B. Development and characterization of polymorphic microsatellites from *Prunus avium* ‘Napoleon’ / J. B. Clarke, K. R. Tobbutt // Molecular Ecology Notes. – 2003. – Vol. 3. – № 4 – P. 578–580.

GENETIC DIVERSITY STUDY OF COMMON CHERRY CULTIVARS USING SSR MARKERS

I. G. POLUBYATKO, T. A. GASHENKO, A. A. TARANOV

Abstract

Microsatellite DNA markers (SSRs) are effectively used for studying the genetic diversity of germplasm and for DNA fingerprinting of fruit crop cultivars. In this study, ten SSR markers were applied to analyze polymorphism across 12 common cherry genotypes. The results indicate a relatively high level of genetic diversity among the studied cultivars. The number of alleles per locus ranged from 2 to 20, with a total of 93 alleles identified. The average number of alleles per locus across the 12 cultivars was 9.3. Among the SSR markers used, EMPA015 showed the highest allelic diversity with 20 alleles, while EMPA006 was the least polymorphic. The remaining markers revealed between 4 and 13 alleles per locus. Some cherry cultivars were found to possess rare and unique alleles. Based on the SSR data, molecular genetic profiles were constructed for the 12 cherry cultivars included in the State Register of Plant Varieties approved for cultivation in various types of farms in the Republic of Belarus.

Keywords: cherry, cultivar, SSR markers, molecular genetic profile, Belarus.

Поступила в редакцию 07.03.2025

УДК 631.541.1:[634.233+634.232]:631.524.85:632.111.5

ОЦЕНКА ЗИМОСТОЙКОСТИ ФОРМ ПОДВОЕВ И ПРИВОЙНО-ПОДВОЙНЫХ КОМБИНАЦИЙ ВИШНИ И ЧЕРЕШНИ В ПОЛЕВЫХ И КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ

В. А. ЛЕВШУНОВ[1], Н. Н. ДРАБУДЬКО[1], А. П. КУЗНЕЦОВА[2]

[1]РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by
[2]ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный-центр садоводства, виноградарства и виноделия»,
ул. им. 40-летия Победы, 39, г. Краснодар, 350901, Россия,
e-mail: anpalkuz@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты исследований зимостойкости 19 форм подвоев, 42 привойно-подвойных комбинаций вишни и черешни методом искусственного промораживания и в полевых условиях. Основными режимами испытаний являлись: устойчивость к осенним заморозкам и ранним морозам; максимальная величина морозостойкости, развиваемая растениями после окончания органического покоя; способность сохранять устойчивость к низким температурам в период зимних оттепелей и восстанавливать морозостойкость при повторной закалке после оттепелей. В полевых условиях и при искусственном промораживании в различных режимах наиболее чувствительной к подмерзаниям оказалась сосудисто-проводящая ткань подпочечного узла. Установлена зимостойкость тканей однолетних побегов и вегетативных почек у 11 подвоев вишни и черешни: ВСЛ-2, Gisela-5 (подвои-стандарты) и форм АИ 15-53, ФИЛ-6, АИ-74, БР, КВ, АИР, АИ-77, РВЛ-9, АИ-1Б; 18 привойно-подвойных комбинаций вишни и 20 привойно-подвойных комбинаций черешни. Выявлены 4 привойно-подвойные комбинации черешни, чувствительные к подмерзанию сосудисто-проводящей ткани подпочечного узла, с незначительным повреждением (2 балла): Антарес на подвое ВСЛ-2 (стандарт); Наслаждение и Регула на подвое РВЛ-9; Регула на подвое АИ-5.

Ключевые слова: форма, подвой, привойно-подвойная комбинация, зимостойкость, искусственное промораживание, вишня, черешня, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Зимостойкость как способность растений переносить комплекс неблагоприятных зимних условий включает в себя устойчивость к низким отрицательным температурам, т. е. морозостойкость.

Для каждого региона присущи свои специфические показатели основных климатических факторов и амплитуда их изменчивости. Общим вектором изменений для Беларуси является смещение климата в сторону повышения температуры, увеличения числа дней с оттепелью в зимний период. Однако в то же время плодовые растения периодически повреждаются отрицательными температурами во всех климатических зонах республики. Причины подмерзания необходимо рассматривать не только как следствие повреждающих факторов, но и как неспособность растений развить во время вегетации достаточно высокую устойчивость к неблагоприятным условиям осенне-зимнего периода. В связи с особенностями климата в каждой зоне нужны подвои, способные эффективно использовать местные агроклиматические ресурсы для формирования высокой устойчивости к основным повреждающим факторам среды [1–5].

Подготовка плодовых растений к зиме – сложный и длительный процесс. В ходе закалки в клетках растений происходит комплекс физиологических и биохимических процессов и структурных изменений, обеспечивающих повышение устойчивости тканей к низким отрицательным температурам [1–3].

Традиционно отбор на зимостойкость проводится полевым методом, после экстремальных зим, что требует длительного периода времени изучения [6]. Объективную и полную оценку зимостойкости растений можно дать на основе не только полевого обследования, но и при помощи метода искусственного промораживания, что позволяет повысить точность выявления зимостойких подвоев и привойно-подвойных комбинаций.

Зимостойкость рассматривается как признак сумм четырех самостоятельных компонентов: устойчивость к раннезимним морозам, максимальная морозостойкость в середине зимы, устойчивость во время оттепелей, устойчивость к возвратным морозам. Плодовые культуры могут восстанавливать утраченный уровень морозостойкости после оттепели, а восстановление степени морозостойкости зависит от фазы состояния покоя, продолжительности и глубины оттепели [7–11].

Цель исследований – оценить зимостойкость новых форм подвоев и привойно-подвойных комбинаций вишни и черешни в полевых условиях и методом искусственного промораживания.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в осенне-зимний период в отделе питомниководства РУП «Институт плодоводства» в лабораторных и полевых условиях. Оценку зимостойкости подвоев проводили в 2020–2023 гг., привойно-подвойных комбинаций вишни и черешни – в 2024–2025 гг.

Объектами исследований являлись 19 форм подвоев вишни и черешни, растущие в маточнике зеленых черенков: ВСЛ-2 – стандарт (*C. fruticosa* Pall. × *P. lannesiana* Carr. № 2), РВЛ-9 (*P. lannesiana* Carr. × [*P. cerasus* × *P. maackii*]) (Крымская опытно-селекционная станция, г. Крымск), АИ-1 (*P. vulgaris* Студенческая × *P. lannesiana* № 2), АИ-5 (*P. avium* Франц Иосиф × × *P. lannesiana* № 2), АИ-5Б (*P. lannesiana* № 2 × *P. avium*), АИ-1Б (*P. lannesiana* № 2 × *P. avium*), ФИЛ-6 (*P. lannesiana* № 2 × *P. avium* Франц Иосиф), АИ-92 (*P. vulgaris* Молодежная × [*P. lannesiana* № 2 × × *P.* avium Франц Иосиф]), АИ-74 (C. *incisa* × [*P. avium* Moench Полянка × (*P. lannesiana* № 2 × × *P. avium*)]), АИ 15-53 (*P. vulgaris* Молодежная × [*C. incisa* × *P. avium* Moench Полянка]), АИ-77 (*P. vulgaris* Молодежная × Акебоно сакура), 15/106 (*P. avium* Moench Полянка × *P. maackii*), БР (*P. serrulata*), АИР (гибрид *P. canescens*), КВ (*P. serrulata* × вишня Восточная Азия), ШИ-1 (*P. serrulata* Shirofugen), ШИ-2 (*P. serrulata*) (ФГБНУ «СКФНЦСВВ», РУП «Институт плодоводства»); Gisela-5 (*P. canescens*) (Германия); Черешня дикая (*C. avium*). Опытный участок маточника зеленых черенков заложен стандартным посадочным материалом осенью 2019 г. – весной 2020 г. Схема посадки 3,0 × 1,0 м. Количество учетных растений каждого подвоя – 5 шт.

Во втором поле питомника оценивали зимостойкость 18 привойно-подвойных комбинаций вишни и 24 привойно-подвойной комбинаций черешни. Объектами исследований были 10 подвоев: ВСЛ-2 – (стандарт), Gisela-5 – (стандарт), Черешня дикая – (стандарт), АИ-1Б, АИ-74, РВЛ-9, АИ 15-53, АИ-5, ФИЛ-6, АИР; 3 районированных сорта вишни (Несвижская, Ровесница, Конфитюр) и 1 гибрид Остромичи; 4 сорта черешни, в том числе 2 районированных сорта – Гасинец, Наслаждение и 2 новых сорта – Регула, Антарес. Схема посадки растений в первом и во втором полях питомника составляла 0,9 × 0,2 м. Количество учетных растений каждой привойно-подвойной комбинации – по 10 шт. в трехкратной повторности.

Исследования зимостойкости проводили согласно «Генетическим основам и методике селекции плодовых культур и винограда» [4] и методическим указаниям «Определение устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях» [5].

Моделирование стресс-факторов для промораживания растительных образцов выполняли в стационарной климатической камере TMAX-CT 408 (производство Guangdong Yuelian Instrument Co., Ltd., Китай) с емкостью рабочей камеры 408 л, автоматическим регулированием температуры в рабочей камере в пределах –70…+150 °С с точностью до ±0,2 °С.

Для оценки зимостойкости с использованием прямого промораживания однолетние побеги подвоев вишни и черешни заготавливали после установления среднесуточной температуры воздуха ниже 0 °С в конце ноября. Отбор проводили на одновозрастных визуально здоровых маточных кустах из средней части кроны с разных сторон одновременно для всех испытаний, по 5 черенков каждой формы подвоя. Срезанные побеги распределяли на пучки, связывали, раскладывали в пакеты, этикетировали с названием формы подвоя и даты. Побеги до промораживания хранили в стационарной холодильной камере при температуре +2...+3 °С. После промораживa-

ния черенки исследуемых образцов для оттаивания и установления характера и степени повреждений с нижней стороны подрезали на 2–3 см и помещали в сосуды с водой при температуре +15...+20 °С. Длительность отращивания составляла 8–10 дней.

Основные компоненты испытаний:

I – устойчивость к осенним заморозкам и ранним морозам, промораживание при температуре –25 °С (конец ноября – начало декабря);

II – максимальная величина морозостойкости, развиваемая растениями после окончания органического покоя в благоприятных для закалки условиях, промораживание при температуре –33 °С (январь);

III – способность сохранять устойчивость к низким температурам в период зимних оттепелей, промораживание при температуре –25 °С (февраль);

IV – способность восстанавливать морозостойкость при повторной закалке после оттепелей, промораживание при температуре –25 °С (февраль – март).

Зимостойкость вегетативных почек оценивали по шкале от 0 до 5 баллов [5].

Оценку зимостойкости в полевых условиях (определение степени повреждения растений) проводили путем ручного среза секатором и ножом однолетних приростов с последующим визуальным осмотром места среза. Степень повреждения растений оценивали по 6-балльной шкале (от 0 до 5).

Для анализа метеоусловий использовали данные, полученные на агрометеорологической станции Минск, расположенной в аг. Самохваловичи.

В осенне-зимний период 2021/2022 г. подготовка растений к глубокому покою проходила в условиях повышенной средней фактической температуры воздуха в ноябре (+3,1 °С), отклонение средней температуры от нормы составило +1,7 °С. Начало зимы в декабре отмечено с отклонением от нормы (–1,1 °С), фактическая температура месяца по данным наблюдений составила –3,7 °С. Температурный режим в январе был теплым, так как норма среднемесячной температуры января составила –4,2 °С, а фактическая температура месяца по данным наблюдений достигла –2,1 °С, отклонение от нормы было +2,1 °С. Самый продолжительный морозный период отмечен со второй декады января – в течение 11 дней температура воздуха колебалась от –0,5 до –10,0 °С (19 января). В целом для зимнего периода были характерны частые оттепели различной продолжительности – от 4 до 10 дней с повышением температуры воздуха до +0,5…+3,1 °С.

Погодные условия зимы 2022/2023 г. были на уровне среднемноголетних наблюдений с чередованием оттепельного и морозного периодов. В сложившихся погодных условиях осенне-зимнего сезона подготовка растений к глубокому покою проходила в условиях планомерного перехода от положительных значений (+1,8…+12,4 °С) в первой декаде ноября до отрицательных (–0,2…–11,3 °С) во второй – третьей декадах ноября. Устойчивый морозный период с понижением температуры до –12,6 °С установился в первой – второй декадах декабря, сменившись затем оттепелью. В целом для зимнего периода были характерны частые оттепели с различной продолжительностью – от 1 до 8 дней – с повышением температуры воздуха до +0,3…+10,1 °С. К концу первой декады января отмечено резкое похолодание, когда температура воздуха после трехдневной оттепели за три дня снизилась до –20,4 °С (7 января). Далее наблюдалось выравнивание температурного режима с чередованием морозно-оттепельных дней. Фактическая температура января составила –1,2 °С, что на +3,0 °С выше нормы. В феврале температурный режим сохранился и был выше нормы на +3,0 °С. Фактическая температура в феврале составила –1,0 °С. Самая низкая температура воздуха (–16,2 °С) зафиксирована 23 февраля, самая высокая (+4,6 °С) – 14 февраля. Подобная погода, без критических перепадов температуры воздуха, сохранилась и в начале весны.

Повреждающих факторов осенне-зимнего периода 2024/2025 г. в виде низких критических температур не отмечено. Зафиксированы периоды с резким понижением температуры воздуха в течение суток: 20 февраля (с –2,3 до –15,4 °С), 21 февраля (с –2,4 до –17,4 °С), 23 февраля (с +2,5 до –15,2 °С), 24 февраля (с +4,6 до –14,7 °С), 25 февраля (с +5,1 до –13,8 °С).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка зимостойкости в контролируемых условиях. По I компоненту зимостойкости изучение устойчивости форм подвоев вишни и черешни, осуществляли во второй декаде ноября – первой декаде декабря. В связи с тем, что в позднеосенний период растения с продолжительным затяжным ростом могут повреждаться сильными ранними морозами, выявление подвоев, характеризующихся несвоевременным окончанием роста относительно продолжительности вегетационного периода, является важным.

Согласно анализу полученных данных у 8 форм подвоев при понижении температуры до –25 °С установлен высокий уровень зимостойкости тканей однолетних побегов (0 баллов). Не отмечено повреждений у подвоев ВСЛ-2 (стандарт), Gisela-5 (стандарт) и форм РВЛ-9, АИ 15-53, АИ-74, АИ-77, АИР, КВ с полной 100%-ной сохранностью вегетативных зачатков (табл. 1).

Таблица 1. **Повреждения тканей форм подвоев вишни и черешни в лабораторных условиях при –25 °С в позднеосенний – раннезимний период (I компонент), 2022 г.**

Название форм подвоев	Сохранность вегетативных зачатков, %	Повреждение тканей однолетних побегов, балл				
		сосудисто-проводящая ткань подпочечного узла	кора	камбий	древесина	сердцевина
Черешня дикая (ст.)	71	2,0	2,5	2,0	3,0	2,5
ВСЛ-2 (ст.)	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gisela-5 (ст.)	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
РВЛ-9	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
АИ-1	85	1,5	1,5	0,0	1,0	1,0
АИ-5	55	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0
АИ-5Б	72	1,5	2,0	2,0	2,5	1,5
АИ-1Б	85	1,5	1,5	1,5	1,0	1,5
ФИЛ-6	86	1,5	1,5	1,0	1,0	1,0
АИ-92	85	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5
АИ-74	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
АИ 15-53	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
АИ-77	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15/106	79	2,5	2,5	1,5	3,0	2,0
БР	82	0,0	1,5	0,0	1,0	0,0
АИР	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
КВ	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ШИ-1	68	1,5	1,5	1,0	1,5	1,0
ШИ-2	62	2,0	2,5	2,5	3,0	2,0

Незначительные подмерзания коры, камбия, древесины, сердцевины и подпочечного узла (от 1,0 до 1,5 балла) установлены у форм подвоев вишни и черешни АИ-1, АИ-1Б, АИ-92, ФИЛ-6, БР, ШИ-1. Также следует отметить, что у однолетних побегов формы подвоя 15/106 подмерзание камбия составило не более 1,5 балла. В большей степени от воздействия температур до –25 °С повреждена древесина побегов у Черешни дикой (стандарт), 15/106, ШИ-2: подмерзание составило 3,0 балла.

По данным ряда исследователей, установлено, что более 90 % из всех зимних повреждений приходится на повреждения максимальными температурами в середине зимы. Генетическая потенциальная способность подвоев переносить максимальное понижение температуры в зимний период без повреждений является одним из главных показателей, определяющих возможность их использования как компонента привойно-подвойных комбинаций в насаждениях [2].

По II компоненту зимостойкости исследование устойчивости форм подвоев вишни и черешни проводили с третьей декады декабря по третью декаду января. Выявлены различия между подвоями по способности сохранять устойчивость при понижении температуры до –33 °С. Значительное подмерзание древесины, проводящей ткани подпочечного узла установлено у отдельных подвоев: Черешня дикая (стандарт), 15/106, ШИ-2, АИ-5, АИ-5Б (табл. 2).

Таблица 2. **Повреждения тканей форм подвоев вишни и черешни в лабораторных условиях при –33 °С в середине зимы (II компонент), 2022–2023 гг.**

Название форм подвоев	Сохранность вегетативных зачатков, %	Повреждение тканей однолетних побегов, балл				
		сосудисто-проводящая ткань подпочечного узла	кора	камбий	древесина	сердцевина
Черешня дикая (ст.)	63,9	4,0	3,0	3,0	4,0	3,0
ВСЛ-2 (ст.)	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gisela-5 (ст.)	88,0	2,0	0,0	1,0	1,5	0,0
РВЛ-9	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
АИ-1	87,2	1,5	2,0	0,0	1,0	1,0
АИ-5	60,5	4,0	2,0	2,0	2,0	2,0
АИ-5Б	76,2	4,0	3,0	3,0	3,0	1,5
АИ-1Б	85,0	1,5	2,0	1,5	2,0	2,0
ФИЛ-6	100,0	1,0	1,0	2,0	2,5	1,5
АИ-92	85,0	1,0	1,0	1,0	2,5	2,5
АИ-74	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
АИ 15-53	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
АИ-77	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15/106	36,8	4,0	3,0	3,0	4,0	2,0
БР	100,0	2,5	1,0	2,0	1,0	0,0
АИР	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
КВ	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ШИ-1	68,0	2,5	1,5	2,0	2,0	1,5
ШИ-2	59,0	4,0	2,0	3,0	4,0	2,0

Максимальной морозостойкостью при снижении температуры до –33 °С на уровне стандартного подвоя ВСЛ-2 обладали формы подвоев АИР, КВ, АИ-74, АИ-77, АИ 15-53, РВЛ-9 (0 баллов). Сохранность вегетативных зачатков – 100,0 %. Незначительная обратимая степень повреждения коры, камбия, древесины и сердцевины с легким побурением отмечена у подвоя Gisela-5, форм АИ-5, АИ-1, БР, ФИЛ-6, АИ-92, АИ-1Б, ШИ-1 и не превысила 2,5 баллов. Сохранность вегетативных зачатков – 60,5–100,0 %.

В результате исследований по III компоненту, большинство изучаемых форм подвоев проявили морозостойкость коры, кроме 4 подвоев: Черешня дикая (стандарт), АИ-5, АИ-5Б, АИ-92 (табл. 3).

Таблица 3. **Повреждения тканей форм подвоев вишни и черешни в лабораторных условиях при –25 °С после оттепели в конце зимы (III компонент), 2022–2023 гг.**

Название форм подвоев	Сохранность вегетативных зачатков, %	Повреждение тканей однолетних побегов, балл				
		сосудисто-проводящая ткань подпочечного узла	кора	камбий	древесина	сердцевина
Черешня дикая (ст.)	50,9	2,5	1,0	3,5	3,5	3,0
ВСЛ-2 (ст.)	74,0	2,0	0,0	2,0	2,5	2,0
Gisela-5 (ст.)	75,0	1,0	0,0	1,0	1,5	1,0
РВЛ-9	74,9	2,0	0,0	2,0	2,5	2,0
АИ-1	66,2	2,0	0,0	2,0	2,0	2,5
АИ-5	54,5	2,5	1,0	3,0	3,5	3,0
АИ-5Б	56,2	2,5	1,0	3,5	3,5	3,0
АИ-1Б	70,9	2,0	0,0	2,5	2,5	2,0
ФИЛ-6	75,0	1,5	0,0	1,0	1,5	1,0
АИ-92	55,0	2,5	1,0	3,0	3,5	3,5
АИ-74	75,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0
АИ 15-53	69,8	1,0	0,0	1,5	1,0	1,0
АИ-77	68,0	1,5	0,0	1,5	1,5	1,5
15/106	56,8	1,0	0,0	3,0	3,5	3,5
БР	71,3	2,0	0,0	2,0	2,0	2,0

Окончание таблицы 3

Название форм подвоев	Сохранность вегетативных зачатков, %	Повреждение тканей однолетних побегов, балл				
		сосудисто-проводящая ткань подпочечного узла	кора	камбий	древесина	сердцевина
АИР	65,9	2,0	0,0	2,0	2,5	2,0
КВ	74,8	1,5	0,0	1,0	1,0	1,5
ШИ-1	63,0	2,0	0,0	2,0	2,0	2,5
ШИ-2	59,5	2,5	0,0	2,5	2,5	2,0

Отмечены обратимые повреждения у однолетних побегов форм ФИЛ-6, АИ-74, АИ 15-53, АИ-77, КВ на уровне стандарта Gisela-5: степень повреждения достигла 1,0–1,5 балла, сохранность вегетативных зачатков составила 68,0–75,0 % (табл. 3).

Средний уровень устойчивости камбия, древесины, сердцевины и сосудисто-проводящей ткани подпочечного узла отмечен у однолетних побегов форм подвоев вишни и черешни АИ-1, АИ-1Б, БР, АИР, ШИ-2, ШИ-1, РВЛ-9, ВСЛ-2: степень повреждения составила от 2,0 до 2,5 баллов. Снижение температуры до –25 °С после оттепели в +6 °С привело к значительному подмерзанию камбия, древесины, сердцевины у форм АИ-5, АИ-5Б, АИ-92, 15/106 (3,0–3,5 балла) на уровне стандартного подвоя Черешни дикой.

Известно, что под влиянием зимне-весенних оттепелей в состоянии вынужденного покоя растение частично теряет свою устойчивость и повреждается внезапными слабыми морозами. Но при постепенном снижении температуры после оттепели морозостойкость тканей до известной степени восстанавливается [3].

По IV компоненту (первая – вторая декады марта) выявлены различия между формами подвоев вишни и черешни по способности восстанавливать морозостойкость после оттепели. Все изучаемые формы подвоев вишни и черешни показали различный уровень устойчивости при –25 °С после оттепели и повторной закалки: степень повреждения варьировала пределах 1,5–3,5 балла. Сохранность вегетативных зачатков составила 60,2–79,4 % (табл. 4).

Таблица 4. **Повреждения тканей форм подвоев вишни и черешни в лабораторных условиях при –25 °С после оттепели в начале весны (IV компонент), 2022–2023 гг.**

Название форм подвоев	Сохранность вегетативных зачатков, %	Повреждение тканей однолетних побегов, балл				
		сосудисто-проводящая ткань подпочечного узла	кора	камбий	древесина	сердцевина
Черешня дикая (ст.)	65,9	2,5	0,0	2,5	2,5	2,0
ВСЛ-2 (ст.)	79,4	2,0	0,0	2,0	2,0	2,0
Gisela-5 (ст.)	79,0	1,5	0,0	1,5	1,5	1,5
РВЛ-9	78,8	2,0	0,0	2,0	2,5	2,0
АИ-1	69,9	2,0	0,0	2,0	2,5	2,5
АИ-5	62,0	3,5	0,0	3,5	3,5	3,5
АИ-5Б	60,2	3,5	0,0	3,5	3,5	3,5
АИ-1Б	70,9	2,0	0,0	2,0	2,0	2,0
ФИЛ-6	75,0	1,5	0,0	1,5	1,5	1,5
АИ-92	65,7	2,5	0,0	2,0	2,5	2,0
АИ-74	75,0	1,5	0,0	1,5	1,5	1,5
АИ 15-53	69,8	1,5	0,0	1,5	1,5	1,5
АИ-77	68,0	1,5	0,0	1,5	1,5	1,5
15/106	66,8	1,0	0,0	2,5	2,5	2,0
БР	71,3	2,0	0,0	2,0	2,0	2,0
АИР	74,3	2,0	0,0	2,0	2,0	2,5
КВ	74,8	1,5	0,0	1,5	1,5	1,5
ШИ-1	63,0	2,0	0,0	2,0	2,0	2,5
ШИ-2	73,5	1,5	0,0	0,0	1,5	1,5

Установлено, что способностью восстанавливать морозостойкость с обратимыми повреждениями обладает подвой Gisela-5 и формы вишни и черешни АИ-74, АИ-77, КВ, АИ 15-53, ФИЛ-6, ШИ-2, у которых отмечено повреждение тканей в 1,5 балла.

Выявлена способность восстанавливать морозостойкость на уровне стандартов ВСЛ-2 и Черешни дикой (2,0–2,5 балла) у форм РВЛ-9, АИ-1Б, АИ-1, 15/106, АИ-92, АИР, ШИ-1, БР.

Сильное подмерзание камбия, древесины, сердцевины, сосудисто-проводящей ткани подпочечного узла и почек было у форм АИ-5, АИ-5Б: степень повреждения составила 3,5 балла. Для большинства изучаемых форм было характерно повреждение вегетативных почек (от 1,0 до 4,0 балла), незначительное повреждение почек отмечено у форм АИ-74, ФИЛ-6, КВ, АИ 15-53, ШИ-2 (0,5 балла).

Оценка зимостойкости форм вишни и черешни в полевых условиях. В результате анализа оценки зимостойкости однолетних побегов 19 форм подвоев вишни и черешни в полевых условиях существенных повреждений тканей не отмечено. Большинство форм подвоев перезимовывают без видимых внешних признаков повреждения. Слабое повреждение тканей в верхней части побега (до 20 см) отмечено у форм подвоев ФИЛ-6, АИ-77, АИ-1, ШИ-1, АИ-5Б, ШИ-2, подвоя-стандарта Черешня дикая, у которых степень подмерзания составила от 1 до 2 баллов из-за невызревшей верхушки побега.

Комплексный анализ результатов оценки зимостойкости форм вишни и черешни в лабораторных условиях при искусственном промораживании и в полевых условиях за период 2020–2023 гг. приведен в табл. 5.

Таблица 5. **Сравнительная оценка зимостойкости форм подвоев вишни и черешни в зимы 2020–2023 гг. и при искусственном промораживании**

Название форм подвоев	Общая степень подмерзания в зимы 2020–2023 гг. при –26,1 °С, балл	Устойчивость тканей однолетних ветвей по основным компонентам зимостойкости			
		I	II	III	IV
		–25 °С декабрь	–33 °С январь	–25 °С февраль	–25 °С март
Черешня дикая (ст.)	0	+	–	+	+
ВСЛ-2 (ст.)	0	++	++	+	++
Gisela-5 (ст.)	0	++	++	++	++
РВЛ-9	0	++	++	+	+
АИ-1	1	++	++	+	+
АИ-5	1	+	–	–	–
АИ 15-53	0	++	++	++	++
АИ-5Б	2	+	–	–	–
АИ-1Б	0	++	++	+	++
ФИЛ-6	1	++	++	++	++
АИ-92	0	++	++	–	+
АИ-74	0	++	++	++	++
15/106	0	+	–	–	+
БР	0	++	++	++	++
АИР	0	++	++	+	+
КВ	0	++	++	++	++
ШИ-1	1	++	++	+	+
АИ-77	1	++	++	++	++
ШИ-2	0	+	–	+	++

Примечание. Обозначения: «++» – морозостойкие (0,0–2,0 балла), «+» – среднеморозостойкие (2,5–3,0 балла), «–» – маломорозостойкие (3,5–5,0 балла).

На уровне подвоя-стандарта Gisela-5 выделено шесть зимостойких форм вишни и черешни: АИ-74, АИ-77, АИ 15-53, БР, КВ, ФИЛ-6, которые проявили зимостойкость по четырем компонентам. Подвой-стандарт ВСЛ-2 и форма подвоя АИ-1Б оказались зимостойкими по I, II и IV компонентам и среднезимостойкими по III компоненту при искусственном промораживании.

Формы РВЛ-9, АИ-1, АИР, ШИ-1 показали себя как среднезимостойкие по III и IV компонентам.

Маломорозостойкими по отдельным компонентам были Черешня дикая (стандарт), формы ШИ-2, АИ-5, АИ-5Б, 15/106, АИ-92.

Оценка зимостойкости привойно-подвойной комбинаций вишни и черешни в полевых условиях во втором поле питомника. По нашим наблюдениям в полевых условиях во втором поле питомника 18 привойно-подвойных комбинаций вишни и 24 привойно-подвойные комбинации черешни перезимовали без видимых повреждений, степень подмерзания составила 0 баллов.

Однако следует отметить, что в лабораторных условиях при дополнительной проверке состояния растений после зимнего периода были выявлены повреждения побегов некоторых привойно-подвойных комбинаций. Оценка состояния тканей однолетних побегов после их отращивания в лабораторных условиях показала, что у 18 изучаемых привойно-подвойных комбинаций вишни и у 20 комбинаций черешни подмерзания коры, камбия, древесины, сердцевины, сосудисто-проводящей ткани подпочечного узла однолетних побегов не отмечено, степень подмерзания у них составила 0 баллов. Сохранность вегетативных почек привойно-подвойной комбинации – 100 %.

Выявлено слабое повреждение сосудисто-проводящей ткани подпочечного узла у 4 привойно-подвойных комбинаций черешни: Антарес на подвое ВСЛ-2 (стандарт), Наслаждение и Регула на подвое РВЛ-9, Регула на подвое АИ-5 – степень повреждения составила 2 балла. Повреждений вегетативных почек не выявлено, степень подмерзания составила 0 баллов. Причиной повреждения сосудисто-проводящей ткани подпочечного узла могло стать резкое понижение температуры воздуха в течение суток, наблюдаемое в период с 20 по 25 февраля, когда растения, находясь в состоянии вынужденного покоя, днем оказывались при положительной температуре воздуха (до +4 °С), а в ночное время температура воздуха опускалась до –15 °С.

ВЫВОДЫ

По результатам оценки зимостойкости изучаемых форм вишни и черешни в полевых условиях и при искусственном промораживании по четырем компонентам зимостойкости установлено, что однолетние побеги подвоев-стандартов ВСЛ-2, Gisela-5 и форм АИ 15-53, ФИЛ-6, АИ-74, БР, КВ, АИР, АИ-77, РВЛ-9, АИ-1Б обладают высокой устойчивостью тканей (повреждение от 0,0 до 2,5 баллов) и наибольшей сохранностью вегетативных зачатков (68,0–100,0 %).

В полевых условиях выявлено подмерзание на уровне 1–2 баллов верхней части побегов (до 20 см) у форм подвоев ФИЛ-6, АИ-77, АИ-1, ШИ-1, АИ-5Б, ШИ-2 и подвоя-стандарта Черешня дикая, что вызвано неполным вызреванием верхушки побега в осенний период.

По результатам оценки зимостойкости привойно-подвойных комбинаций вишни и черешни не выявлено признаков повреждения у 18 комбинаций вишни и 20 комбинаций черешни. Установлено слабое повреждение сосудисто-проводящей ткани подпочечного узла у 4 привойно-подвойных комбинаций черешни: Антарес на подвое ВСЛ-2 (стандарт), Наслаждение и Регула на подвое РВЛ-9, Регула на подвое АИ-5 – степень повреждения составила 2 балла.

Проведенные исследования указывают на необходимость предварительного испытания новых подвоев не только в полевых, но и в лабораторных условиях с целью выявления наиболее зимостойких форм, представляющих дальнейший интерес для изучения в питомнике и саду.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тюрина, М. М. Методика оценки зимостойкости садовых растений в контролируемых условиях / М. М. Тюрина, И. М. Куликов // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ / Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства ; редкол.: И. М. Куликов (гл. ред.) [и др.]. – М., 2006. – Т. 16. – С. 11–17.

2. Соловьева, М. А. Биологические основы зимостойкости плодовых культур / М. А. Соловьева // Зимостойкость плодовых и ягодных культур и их восстановление в связи с повреждением морозами : сб. науч. работ / ВНИИ садоводства им. И. В. Мичурина ; редкол.: В. А. Грязев (гл. ред.) [и др.]. – Мичуринск, 1982. – Вып. 35. – С. 3–8.

3. Данилова, А. А. Устойчивость яблони к морозу –25 °С во время оттепели / А. А. Данилова // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ по материалам всерос. науч.-практ. конф. «Молодые ученые – садоводству России в XXI веке», г. Москва, 11–12 окт. 2007 г. / Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства ; редкол.: И. М. Куликов [и др.]. – М., 2008. – Т. XIX. – С. 46–53.

4. Генетические основы и методика селекции плодовых культур и винограда / З. А. Козловская, С. А. Ярмолич, О. А. Якимович [и др.] ; под общ. ред. З. А. Козловской. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 249 с.

5. Определение устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях : метод. указания / Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства ; разраб.: М. М. Тюрина [и др.] ; под общ. ред. В. И. Кашина. – М. : ВСТИСП, 2002. – 119 с.

6. Устойчивость к морозам диких видов яблони и груши после искусственного промораживания / Н. Н. Савельева, В. В. Чивилев, А. С. Земисов, А. С. Лыжин // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ / Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства ; под ред. И. М. Куликова [и др.]. – М., 2017. – Т. 49. – С. 286–289.

7. Матвеев, В. А. Зимостойкость сортов сливы в критическую зиму 2006–2007 гг. / В. А. Матвеев, В. С. Волот, М. Н. Васильева // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Матвеев (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2008. – Т. 20. – С. 135–143.

8. Бутенко, А. И. Интегральная оценка морозостойкости сортов яблони методом анализа иерархий / А. И. Бутенко, Н. В. Жукова, Н. И. Савельев // Вестник РАСХН. – 2010. – № 4. – С. 36–38.

9. Автоматизация оценивания степени повреждения тканей и почек сортов яблони при искусственном промораживании / А. И. Бутенко, Н. И. Савельев, А. Н. Юшков, Н. В. Жукова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. Серия Технические науки. – 2008. – Т. 2, № 2 (12). – С. 43–49.

10. Методы и способы повышения стрессоустойчивости плодовых культур и винограда : сб. материалов междунар. дистанц. науч.-практ. конф., г. Краснодар, 10 июля – 21 авг. 2009 г. / Сев.-Кавк. зон. науч.-исслед. ин-т садоводства и виноградарства Россельхозакад. ; редкол.: Е. А. Егоров [и др.] ; отв. ред. Э. В. Макарова. – Краснодар : СКЗНИИСиВ, 2009. – 177 с.

11. Ожерельева, З. Е. Определение потенциала устойчивости генотипов *Armeniaca vulgaris* L. к низкотемпературному стрессу / З. Е. Ожерельева // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015. – Т. 30. – С. 241–245.

ASSESSMENT OF WINTER HARDINESS IN ROOTSTOCK FORMS AND SCION-ROOTSTOCK COMBINATIONS OF SOUR AND SWEET CHERRY UNDER FIELD AND CONTROLLED CONDITIONS

V. A. LEVSHUNOV, N. N. DRABUDKO, A. P. KUZNETSOVA

Abstract

This article presents the results of studies on the winter hardiness of 19 rootstock forms and 42 scion–rootstock combinations of sour and sweet cherry using artificial freezing and field trials. The main evaluation criteria included: resistance to autumn and early frosts; maximum frost tolerance developed by plants after the end of organic dormancy; the ability to maintain resistance to low temperatures during winter thaws; and the capacity to re-acquire frost tolerance through reacclimation after thaws. In both field conditions and artificial freezing under various regimes, the most frost-sensitive tissue was found to be the vascular–conductive tissue of the sub-bud node. The winter hardiness of one-year shoot tissues and vegetative buds was established in 11 cherry and sweet cherry rootstocks, including the standard rootstocks VSL-2 and Gisela-5, and the forms AI 15-53, FIL-6, AI-74, BR, KV, AIR, AI-77, RVL-9, and AI-1B; as well as in 18 sour cherry and 20 sweet cherry scion–rootstock combinations. Four sweet cherry combinations were identified as frost-sensitive in the vascular–conductive tissue of the sub-bud node, with slight damage (score 2): Antares on VSL-2 (standard); Naslazhdenie and Regula on RVL-9; and Regula on AI-5.

Keywords: form, rootstock, scion–rootstock combination, winter hardiness, artificial freezing, sour cherry, sweet cherry, Belarus.

Поступила в редакцию 11.03.2025

УДК 634.232:631.526.32:575.113.2:577.21(476)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ АЛЛЕЛЕЙ САМОНЕСОВМЕСТИМОСТИ СОРТОВ ЧЕРЕШНИ В БЕЛАРУСИ

Т. А. ГАШЕНКО, И. Г. ПОЛУБЯТКО, Ю. Г. КОНДРАТЕНОК, А. А. ТАРАНОВ

РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: tanygashenko@yandex.by

АННОТАЦИЯ

Исследование самонесовместимости у черешни является актуальной научной проблемой, имеющей огромное практическое значение, обусловленное необходимостью подбора оптимальных сортов-опылителей и сортовых схем при закладке промышленных насаждений. По этой причине основной задачей нашего исследования являлась молекулярно-генетическая идентификация аллелей гена самонесовместимости (S-гена) районированных сортов черешни. Для решения данной задачи использовали консенсусные праймерные пары PaConsI и PaConsII, а также аллель-специфичные ДНК-маркеры для дополнительного подтверждения. Установлен аллельный состав S-гена у 14 районированных сортов черешни, представленный 7 аллелями из 33 известных. Для сортов Беліца, Овстуженка, Северная, Гронковая, Медуница и Тютчевка аллельный состав определен частично, возможно эти сорта несут малораспространенные аллели. Оценены частоты встречаемости S-аллелей; установлено, что среди изученных сортов черешни наиболее распространены аллели S3, S6 и S5. Сорта черешни, для которых установлен полный аллельный состав S-гена, распределены по группам самонесовместимости и отнесены к восьми группам. Наиболее многочисленной является VII группа (аллели S3S5), представленная 5 сортами.

Полученные данные об аллельном составе S-гена и распределении сортов по группам несовместимости будут использованы в селекционной работе и при планировании промышленных насаждений черешни.

Ключевые слова: S-аллели, S-ген, консенсусные и аллель-специфичные маркеры, самонесовместимость сортов черешни, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Подбор опылителей при закладке насаждений в плодоводстве и родительских пар при гибридизации в селекции тесно связан с проблемой самонесовместимости. Исследование самонесовместимости, предотвращающей самоопыление у перекрестноопыляемых видов, – одна из важных фундаментальных научных проблем в генетике как плодовых, так и других культурных растений. В связи с ростом сортимента плодовых культур данная проблема становится все более актуальной и значимой.

Черешня является типичным энтомофильным (опыляемым насекомыми) растением. В основной массе сорта являются самобесплодными, что не обеспечивает полной реализации их потенциала продуктивности. Установлено, что генетической основой стерильности при перекрестном опылении является ген самонесовместимости S, представленный множественными аллелями (S_1, S_2, S_3 и т. д.). В основе механизма его работы лежит взаимодействие специфичных ферментов S-рибонуклеаз тканей пестика с компонентами пыльцевых зерен. При совпадении S-аллелей в тканях пестика цветка и пыльцевой трубки происходит торможение и остановка роста последней, обусловленное воздействием специфичной для пестика S-рибонуклеазы, завязывание не происходит [1–3]. Полная совместимость сортов черешни происходит, когда оба S-аллеля родительских форм различаются, что обеспечивает максимальное завязывание плодов.

Высокая востребованность плодов черешни на рынке, обусловленная вкусовыми качествами и богатым биохимическим составом ягод, растущий интерес производственников к закладке насаждений обусловили проведение исследований по изучению биологических особенностей опыления и оплодотворения черешни и выделение лучших сортов-опылителей.

Ранее изучение совместимости черешни проводилось на небольшом наборе сортов путем оценки фертильности и жизнеспособности пыльцы в лабораторных условиях, а также непосредственно при помощи скрещиваний и тестов роста пыльцевых трубок в полевых условиях.

Однако результаты определения совместимости сортов по данной методике во многом зависят от факторов окружающей среды, что для обеспечения надежности идентификации S-аллелей требует повторения исследований в годы с разными погодными условиями, что занимает много времени и требует значительных затрат труда. Для объективного определения аллельного состава S-гена сегодня активно используются методы молекулярной генетики, в частности генетические маркеры, что позволяет быстро получить объективную информацию об аллельном составе S-гена сортов и выявлять их заведомо совместимые и несовместимые комбинации.

С развитием молекулярно-генетических методов в изучении самонесовместимости черешни достигнуты значительные успехи [3, 4]. Особенности структуры S-гена, связанные с наличием варьирующих по размерам интронов у разных аллелей и консервативных областей, позволили ученым разработать две пары консенсусных праймеров PaConsI и PaConsII для первого и второго интронов соответственно [5]. Наряду с консенсусными маркерами для S-гена черешни были созданы аллель-специфичные праймерные пары для аллелей S_1–S_{16} [5, 6], что позволяет уточнять и подтверждать результаты, полученные с использованием консенсусных маркеров [5, 6]. Наличие ДНК-маркеров, позволяющих точно идентифицировать аллели S-гена, дало возможность выполнить ряд исследований для изучения аллельного разнообразия S-гена.

Развитие молекулярно-генетических методов определения совместимости черешни при опылении стимулировало активное генотипирование и группирование сортов по признаку совместимости или несовместимости на основе данных ДНК-анализа. В ряде зарубежных стран S-аллели определены для каждого сорта черешни, что значительно облегчает подбор сортов-опылителей при закладке интенсивных насаждений. Так, были проанализированы около 70 сортов черешни США и Канады [4]. Определили частоту встречаемости аллелей и выделили основные группы самонесовместимости [7]. Похожую, но несколько меньшую по масштабам работу выполнили в Хорватии и Турции [8]. Аналогичные исследования проводят по генетическим коллекциям черешни в различных странах [9–12].

В настоящее время выявлено 33 аллеля S-гена, у черешни наиболее распространенными являются только 13 (S_1–S_7, S_9, S_{10}, S_{12}–S_{14}, S_{16}), тогда как остальные встречаются редко. Частота встречаемости тех или иных аллелей зависит от географического происхождения сортов [4]. Редкие аллели распространены у дикорастущих форм черешни, местных сортов и сортов из стран, относящихся к центру происхождения этого вида (например, Турция, Иран) [4, 13].

Проблема идентификации S-аллелей актуальна для черешни, так как информация об их комбинациях у сортов данной культуры – основа для прогнозирования качества перекрестного опыления и, соответственно, подбора эффективных сортов-опылителей. Кроме того, данные об аллельном составе S-гена могут быть использованы для идентификации генотипов и составления генетических паспортов сортов.

Научные исследования по данному вопросу в Беларуси не проводились, к тому же ранее разработанные рекомендации не охватывают современный сортимент и не могут считаться достаточно объективными.

Цель исследования – провести молекулярно-генетическую идентификацию аллелей S-гена у районированных сортов черешни РУП «Институт плодоводства» и выяснить их принадлежность к группам перекрестной несовместимости.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являлись 20 районированных сортов черешни – источники хозяйственно ценных признаков:

Антарес, Минчанка, Регула, Таврическая – источники крупноплодности и плотной мякоти (бигарро) плодов;

Витязь, Гасцинец, Гронковая, Ипуть, Красная плотная, Мария, Медуница, Народная, Наслаждение, Овстуженка, Северная, Соперница, Сюбаровская, Тютчевка – источники зимостойкости;

Беліца – источник раннего срока созревания плодов;

Красавица – источник высоких вкусовых качеств плодов.

Экстракцию ДНК проводили из молодых листьев методом *CTAB*. Определение концентрации ДНК в выделенных пробах осуществляли на спектрофотометре Implen P330. Для проведения идентификации S-аллелей использовали консенсусные праймерные пары PaConsI и PaConsII и аллель-специфичные ДНК-маркеры [5, 6]. Праймеры синтезированы компанией «Праймтех» (Беларусь).

В состав ПЦР-смеси с конечным объемом 12,5 µl входили: 6,25 µl Quick-Load TAQ 2X Master Mix, 10 мкМ каждого праймера, 0,5 µl ДНК-матрица (50 мкг/мкл), смесь доводили до объема 12,5 µl Milli-Q-водой.

Амплификацию с праймерами PaConsI и PaConsII проводили в следующих условиях: I этап, 1 цикл: 94 °С – 2 мин; II этап, 35 циклов: 94 °С – 30 с, 55 °С (PaConsI) и 54 °С (PaConsII) – 60 с, 72 °С – 45 с (PaConsI) и 2 мин (PaConsII); III этап, 72 °С – 5 мин.

ПЦР-амплификацию с аллель-специфичными праймерами осуществляли в следующих условиях: I этап, 1 цикл: 94 °С – 2 мин; II этап, 35 циклов: 94 °С – 30 с, 50–62 °С – 60 с, 72 °С – 1 мин; III этап, 72 °С – 5 мин. ПЦР проводили на термоциклере C1000 Touch Thermal Cycler BioRad.

Элетрофоретический анализ продуктов ПЦР выполняли в 1,5–2,0%-ном агарозном геле 0,5× TBE-буфере, гель был окрашен с добавлением бромида этидия и визуализирован под ультрафиолетовым излучением с использованием системы документации геля Bio-Rad.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе идентификации аллелей S-гена у районированного сортимента черешни с использованием консенсусных праймеров PaConsI и PaConsII были определены отдельные аллели, а также их группы (рис. 1).

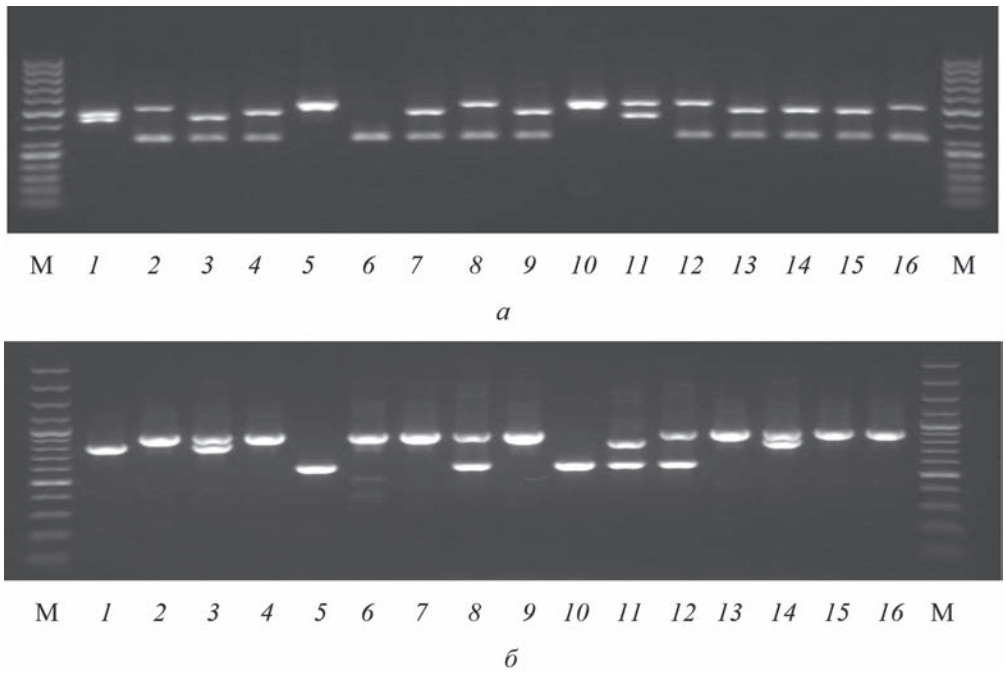


Рис. 1. Электрофоретические профили при амплификации с консенсусными праймерами: *а* – PaConsI; *б* – PaConsII. M – маркер GeneRuler 50 bp (*а*), 100 bp (*б*):
1 – Антарес; *2* – Беліца; *3* – Витязь; *4* – Гасцинец; *5* – Гронковая; *6* – Ипуть; *7* – Красавица; *8* – Красная плотная; *9* – Мария; *10* – Медуница; *11* – Минчанка; *12* – Народная; *13* – Наслаждение; *14* – Овстуженка; *15* – Регула; *16* – Северная

Для подтверждения и более точной идентификации аллелей от S_1 до S_{16} была проведена ПЦР с использованием специфических праймеров. Размеры ДНК-фрагментов, полученных с помощью консенсусных и специфических праймеров, соответствовали размеру фрагментов, характеризующих S-аллели согласно T. Sonneveld с соавт. [5, 6].

Сопоставление и анализ полученных данных позволили нам идентифицировать у районированных сортов черешни 7 S-аллелей из 33 известных: S_1, S_3–S_6, S_9, S_{13}. Аллели S_2, S_7, S_{10}, S_{12}, S_{14} и S_{16} не обнаружены. Для 14 сортов S-аллельный состав установлен полностью, для 6 – определен только один аллель. В генотипах исследованных нами 20 районированных сортов черешни доминируют аллели в ряду S_3 (35 %), S_6 (20 %) и S_5 (15 %). Аллель S_3 также является наиболее распространенным в мировом генофонде черешни. Аллель S_9 выявлен у трех сортов (7,5 %). К аллелям с частотой распространения до 2,5 % отнесены S_1, S_4 и S_{13}. Аллель S_{13} встречался с частотой от 2 до 5 % у сортов черешни из Западной Европы, а также у итальянских (Сицилия), венгерских и греческих сортов [14–16] (рис. 2).

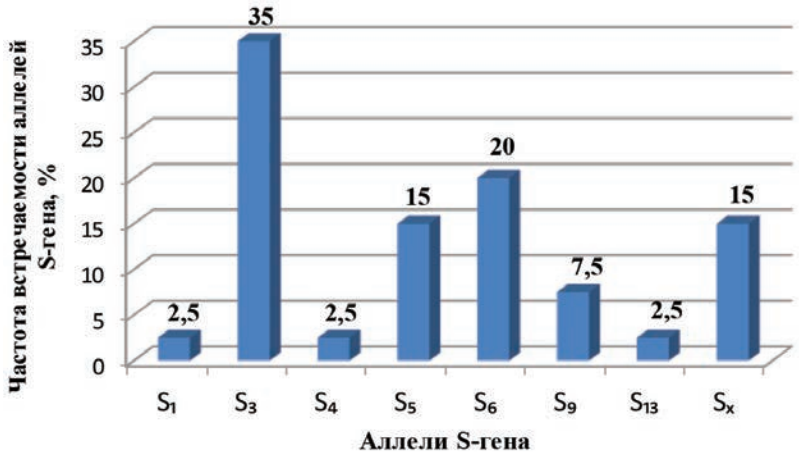


Рис. 2. Встречаемость аллелей S-гена у районированных сортов черешни

Анализ литературных источников показал, что в украинских сортах и формах черешни доминируют аллели в ряду S_9 (21,5 %), S_5 (17,7 %), S_3 (15,2 %), S_6 (13,9 %), S_1 (11,4 %) и S_4 (8,9 %) [17]. Аллель S_5 встречался с низкой частотой (от 2,5 до 7,0 %) в итальянских, шведских, венгерских, греческих, турецких и хорватских сортах [8, 15, 16, 18–20]. Аллель S_5 отсутствовал в бельгийской дикой черешне и испанских местных сортах черешни [21–23], но часто наблюдался у черешен из Латвии [18]. Эти результаты свидетельствуют о том, что сорта черешни из Восточной Европы характеризуются высокой частотой встречаемости аллеля S_5. Аллель S_9 довольно редко встречается среди западноевропейских сортов черешни. Высокая частота аллелей S_5 и S_9 в украинских сортах черешни существенно отличает эти сорта от происходящих из других регионов Европы.

Для сортов Беліца, Овстуженка, Северная, Гронковая, Медуница и Тютчевка аллельный состав определен частично, возможно эти сорта несут редкие, малораспространенные аллели, ДНК-маркеры для которых отсутствовали в использованных нами наборах. Необходим дополнительный анализ данных сортов по аллель-специфичным маркерам, чтобы установить второй аллель.

Однако для объективной оценки соответствия частот встречаемости анализируемых аллелей у сортов отечественной селекции и сортов зарубежного генофонда данной культуры необходимо выполнение ДНК-анализа значительно большей выборки генотипов. В настоящее время выполняется данная работа, по результатам которой будут определены комбинации аллелей гена самонесовместимости у остальных сортов черешни отечественной селекции и коллекционных зарубежных сортов.

Изученные сорта черешни, для которых установлен полный аллельный состав S-гена, были отнесены к восьми группам самонесовместимости (см. таблицу).

Наиболее многочисленной является VII группа (аллели S_3S_5), включающая 5 сортов (Гасцинец, Красавица, Наслаждение, Регула, Соперница), а также группа VI (аллели S_3S_6) – 3 сорта (Красная плотная, Народная, Сюбаровская) (см. таблицу, рис. 3). Выделены группы, представленные одним сортом: II (аллели S_1S_3) – Мария, XVI (аллели S_3S_9) – Витязь, XIX (аллели

Распределение районированных сортов черешни по группам самонесовместимости на основе их S-генотипа

Сорт	Происхождение	S-генотип	ГСН*	Страна-оригинатор
Полный аллельный состав S-локуса				
Антарес	Аэлита св. оп.	S_5S_9	XXXVII	Беларусь
Витязь	Красная плотная × Валерий Чкалов	S_3S_9	XVI	Беларусь
Гасцинец	Красная плотная × Аэлита	S_3S_5	VII	Беларусь
Ипуть	(Ленинградская черная × Победа) × сеянец Гоше черной	S_3S_{13}	XIX	Россия
Красавица	Красавица Огайо св. оп.	S_3S_5	VII	Беларусь
Красная плотная	Козловская св. оп.	S_3S_6	VI	Россия
Мария	Народная × Валерий Чкалов	S_1S_3	II	Беларусь
Минчанка	Красная плотная × Уголек	S_6S_9	X	Беларусь
Народная	Черешня Пашкевича × смесь пыльцы черешни	S_3S_6	VI	Беларусь
Наслаждение	Красная плотная × Уголек	S_3S_5	VII	Беларусь
Регула	Донецкая красавица св. оп.	S_3S_5	VII	Беларусь
Соперница	Красная плотная × (Валерий Чкалов + Уголек)	S_3S_5	VII	Беларусь
Сюбаровская	Северная × Победа	S_3S_6	VI	Беларусь
Таврическая	Не установлено	S_4S_6	XVII	Украина
Частичный аллельный состав S-локуса				
Беліца	Медуница × Ипуть	S_3S_x	–	Беларусь
Овстуженка	Компактная Веньяминова × Ленинградская черная	S_3S_x	–	Россия
Северная	Сеянец свободного опыления сортов черешни	S_3S_x	–	Беларусь
Гронковая	Северная × смесь пыльцы черешни	S_6S_x	–	Беларусь
Медуница	Народная × Ярославна	S_6S_x	–	Беларусь
Тютчевка	(Ленинградская черная × Победа) × Красная плотная	S_6S_x	–	Россия

*ГСН – группа самонесовместимости.

S_3S_{13}) – Ипуть, XVII (аллели S_4S_6) – Таврическая, XXXVII (аллели S_5S_9) – Антарес, X (аллели S_6S_9) – Минчанка.

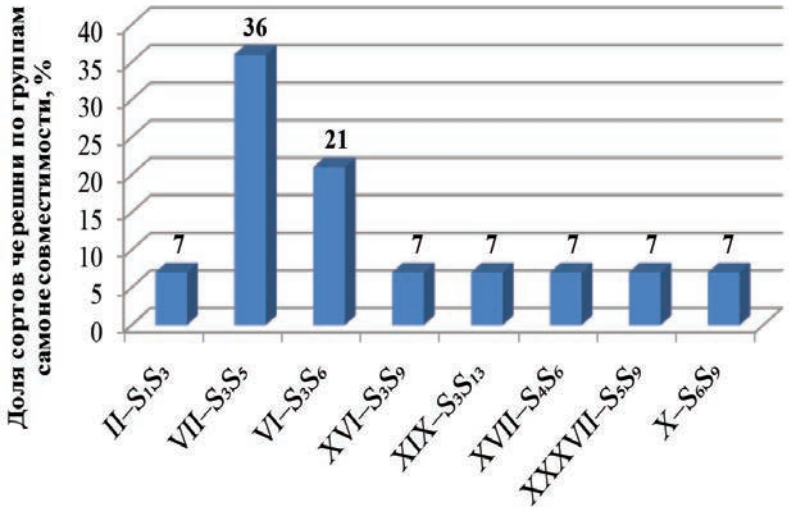


Рис. 3. Распределение районированных сортов черешни по группам самонесовместимости

Анализ районированного сортимента черешни по генетическому происхождению показал, что при их создании был использован небольшой набор родительских форм. Так, сорт Красная плотная привлекался в качестве исходной формы для создания 6 районированных сортов, Победа, Уголек, Валерий Чкалов, Ленинградская черная – 3 сортов. Для получения большего разнообразия S-аллелей в генотипах новых сортов следует привлекать исходные формы с высокой вариабельностью аллельного состава гена самонесовместимости. Это обуславливает необходимость выбора в качестве объектов исследования также и сортов зарубежной селекции,

имеющих принципиально другое генетическое происхождение, что может позволить повысить вероятность обнаружения новых S-аллелей и их комбинаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенной идентификации аллельного состава S-гена самонесовместимости у 20 районированных сортов черешни выявлено 7 аллелей из 33 известных. Наиболее распространенным аллелем является S_3 (35 %), который выявлен у 14 сортов, S_6 (20 %) и S_5 (15 %), идентифицированные у 8 и 6 сортов соответственно. Сорта с полным аллельным составом отнесены к восьми группам самонесовместимости. Наиболее многочисленной является VII группа (аллели S_3S_5), которая включает 5 сортов – Гасцинец, Красавица, Наслаждение, Регула, Соперница. Для выявления полного аллельного состава S-локуса сортов отечественной селекции (Беліца, Овстуженка, Северная, Гронковая, Медуница, Тютчевка), установления перекрестной совместимости и лучших опылителей необходимо дополнительное проведение ПЦР-анализа по другим S-аллелям.

Идентификация аллельных комбинаций S-гена позволит сформировать совместимые группы сортов, что обусловит эффективный выбор сортов-опылителей при закладке насаждений данной культуры, обеспечивающий максимальную реализацию потенциала плодоношения сорта, а также при формировании родительских пар при гибридизации для получения наибольшего количества гибридного потомства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Малецкий, С. И. Гены самонесовместимости контролируют у цветковых растений перекрестное оплодотворение / С. И. Малецкий // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 12. – С. 19.

2. Суриков, И. М. Несовместимость и эмбриональная стерильность растений / И. М. Суриков. – М. : Агропромиздат, 1991. – 220 с.

3. Tao, R. The S-RNase-based gametophytic self-incompatibility system in *Prunus* exhibits distinct genetic and molecular features / R. Tao, A. F. Iezzoni // Scientia Horticulturae. – 2010. – Vol. 124. – P. 423–433.

4. Schuster, M. Incompatible (S-) genotypes of sweet cherry cultivars (*Prunus avium* L.) / M. Schuster // Scientia Horticulturae. – 2012. – Vol. 148. – P. 59–73.

5. Sonneveld, T. Allele-specific PCR detection of sweet cherry self-incompatibility (S) alleles S_1 to S_{16} using consensus and allele-specific primers // T. Sonneveld, K. R. Tobutt, T. P. Robbins // Theoretical and Applied Genetics. – 2003. – Vol. 107. – P. 1059–1070.

6. Cloning of six cherry self-incompatibility alleles and development of allele-specific PCR detection / T. Sonneveld, T. P. Robbins, R. Boskovic, K. R. Tobutt // Theoretical and Applied Genetics. – 2001. – Vol. 102. – P. 1046–1055.

7. Identification of new self-incompatibility alleles in sweet cherry (*Prunus avium* L.) and clarification of incompatibility groups by PCR and sequencing analysis / P. A. Wiersma, Z. Wu, L. Zhou [et al.] // Theoretical and Applied Genetics. – 2001. – Vol. 102. – P. 700–708.

8. S-RNase based S-genotyping of Croatian sweet cherry (*Prunus avium* L.) genotypes / S. Ercisli, M. Radunic, J. Gadze [et al.] // Scientia Horticulturae. – 2012. – Vol. 139. – P. 21–24.

9. Молекулярно-генетическая идентификация аллелей гена самонесовместимости черешни с использованием консенсусных праймеров / И. И. Супрун, С. В. Токмаков, И. В. Степанов, И. М. Балапанов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 2. – С. 22–24.

10. Супрун, И. И. Использование молекулярно-генетического анализа и фенотипической оценки для определения совместимости сортов черешни при опылении / И. И. Супрун, Е. М. Алёхина, С. В. Токмаков // Садоводство и виноградарство. – 2015. – № 6. – С. 35–39.

11. Супрун, И. И. Идентификация аллельного состава гена самонесовместимости у сортов черешни Республики Дагестан с использованием молекулярно-генетического анализа / И. И. Супрун, И. М. Балапанов, Ф.-Х. Г. Касумова // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 2. – С. 33–35.

12. Безлепкина, Е. В. Аллельный полиморфизм гена самонесовместимости у сортов черешни селекции ВНИИСПК / Е. В. Безлепкина, А. А. Гуляева, А. В. Пикунова // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2020. – № 4. – С. 26–28.

13. Molecular typing of the self-incompatibility locus of Turkish sweet cherry genotypes reflects phylogenetic relationships among cherries and other *Prunus* species / B. Szikriszt, A. Doğan, S. Ercisli [et al.] // Tree Genetics & Genomes. – 2012. – Vol. 9, № 1. – P. 155–165.

14. Bošković, R. Genotyping cherry cultivars assigned to incompatibility groups, by analyzing stylar ribonucleases / R. Bošković, K. R. Tobutt // Theoretical and Applied Genetics. – 2001. – Vol. 103. – P. 475–485.

15. Morphological characteristics, microsatellite fingerprinting and determination of incompatibility genotypes of Sicilian sweet cherry cultivars / A. Marchese, K. R. Tobutt, A. Raimondo [et al.] // Journal of Horticultural Science and Biotechnology. – 2007. – Vol. 82. – P. 41–48.

16. Békefi, Z. Determination of incompatibility (S) genotypes of sweet cherries in the Hungarian gene-bank by a PCR-based method / Z. Békefi, S. P. Vaughan, K. R. Tobutt // Acta Agronomica Hungarica. – 2010. – Vol. 58. – P. 377–384.

17. Ідентифікация алелів самонесумісності в сортів черешні (*Prunus avium* L.) українскої селекції / Я. І. Іванович, Н. В. Тряпіцина, К. М. Удовиченко, Р. А. Волков // Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів. – 2017. – Т. 15, № 2. – С. 150–158.

18. Identification of self-incompatibility (S) alleles in Latvian and Swedish sweet cherry genetic resources collections by PCR based typing / G. Lacis, E. Kaufmane, I. Rashal [et al.] // Euphytica. – 2008. – Vol. 160. – P. 155–163.

19. Ganopoulos, I. V. Determination of self-incompatible genotypes in 21 cultivated sweet cherry cultivars in Greece and implications for orchard cultivation / I. V. Ganopoulos, A. Argiriou, A. S. Tsaftaris // Journal of Horticultural Science and Biotechnology. – 2010. – Vol. 85. – P. 444–448.

20. Determination of self-incompatibility groups of sweet cherry genotypes from Turkey / A. Ipek, H. Gulen, M. E. Akcay [et al.] // Genetics and Molecular Research. – 2011. – Vol. 10. – P. 253–260.

21. Cuyper, B. Determining self-incompatibility genotypes in Belgian wild cherries / B. de Cuyper, T. Sonneveld, K. R. Tobutt // Molecular Ecology. – 2005. – Vol. 14. – P. 945–955.

22. Determination of the S-allele composition of sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars grown in the southeast of Spain by PCR analysis / A. D. Gisbert, M. L. Badenes, K. R. Tobutt [et al.] // Journal of Horticultural Science and Biotechnology. – 2008. – Vol. 83. – P. 246–252.

23. Cachi, A. M. S-genotyping of sweet cherry varieties from Spain and S-locus diversity in Europe / A. M. Cachi, A. Wünsch // Euphytica. – 2014. – Vol. 197. – P. 229–236.

APPLICATION OF MOLECULAR GENETIC ANALYSIS FOR IDENTIFICATION OF SELF-INCOMPATIBILITY ALLELES IN SWEET CHERRY CULTIVARS IN BELARUS

T. A. GASHENKO, I. G. POLUBYATKO, YU. G. KONDRATENOK, A. A. TARANOV

Abstract

The study of self-incompatibility in sweet cherry is a relevant scientific issue with significant practical importance, primarily due to the necessity of selecting optimal pollinizer cultivars and designing effective orchard planting schemes. Therefore, the main objective of this research was the molecular-genetic identification of self-incompatibility gene (S-gene) alleles in zoned sweet cherry cultivars. To achieve this, consensus primer pairs PaConsI and PaConsII, as well as allele-specific DNA markers, were used for additional confirmation. The S-gene allele composition was determined for 14 zoned sweet cherry cultivars, with seven alleles identified out of the 33 known. For the cultivars Belitsa, Ovstuzhenka, Severnaya, Gronkovaya, Medunitsa, and Tyutchevka, only partial allele composition was established, suggesting the presence of rare alleles. Allele frequencies were assessed, revealing that S3, S6, and S5 are the most common among the studied cultivars. Cultivars with fully identified S-gene alleles were grouped into self-incompatibility groups, resulting in eight distinct groups. The largest was Group VII (alleles S3S5), represented by five cultivars.

The data obtained on the S-gene allele composition and the grouping of cultivars by incompatibility types will be used in breeding programs and for planning commercial sweet cherry orchards.

Keywords: S-alleles, S-gene, consensus and allele-specific markers, self-incompatibility in sweet cherry, Belarus.

Поступила в редакцию 07.03.2025

УДК 634.2:632.38

МОНИТОРИНГ ВИРУСНЫХ БОЛЕЗНЕЙ КОСТОЧКОВЫХ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР В НАСАЖДЕНИЯХ ИНСТИТУТА ПЛОДОВОДСТВА*

Т. Н. БОЖИДАЙ, Н. В. КУХАРЧИК, Е. В. КОЛБАНОВА

РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by

АННОТАЦИЯ

Лабораторные исследования (ИФА) проведены в отделе биотехнологии РУП «Институт плодоводства» в 2018–2024 гг. Мониторинг насаждений проводился в маточных, коллекционных и селекционных садах отделов питомниководства и селекции плодовых культур. Оценена встречаемость *Plum pox virus* (PPV), *Prune dwarf virus* (PDV), *Prunus necrotic ringspot virus* (PNRSV), *Peach rosette mosaic virus* (PRMV). За данный период было протестировано 575 образцов (151 различный сорт, форма, гибрид), в том числе 67 образцов вишни, 138 – черешни, 109 – сливы, 71 – алычи, 77 – персика, 35 – абрикоса, 3 – миндаля, 20 – подвоев сливы, абрикоса, персика, 55 – подвоев вишни, черешни.

Ключевые слова: PNRSV, PDV, PPV, PRMV, слива, алыча, вишня, черешня, абрикос, персик, ИФА, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Среди выявленных вирусов на косточковых плодовых культурах (более 58 вирусов) наиболее экономически значимыми и изученными являются *Plum pox virus* (PPV), *Prune dwarf virus* (PDV), *Prunus necrotic ringspot virus* (PNRSV), *Peach rosette mosaic virus* (PRMV). Проводимый в различных странах мира мониторинг вирусных заболеваний является начальным этапом в разработке системы мероприятий, направленных на оптимизацию мер борьбы с фитопатогенами и снижение потерь от вирусов [1–3], после выявления которых, как правило, проводится их генетический анализ, оптимизируются методы тестирования.

Мониторинг вирусов косточковых плодовых культур, проведенный в последние годы в 20 субъектах Российской Федерации, показал наличие PPV в 12 регионах (14,9 % тест-образцов), PNRSV – в 12 (11,9 %), PDV – в 8 (1,7 % тест-образцов). Авторами проведен анализ распространенности вирусов в разрезе регионов и культур, подтвержден широкий спектр растений-хозяев для перечисленных вирусов, изучена генетическая вариабельность российской популяции PNRSV [4].

Другие исследователи отмечают, что общая распространенность вирусов на косточковых культурах во Владимирской области Российской Федерации составила 42 %, в Рязанской – 43 %, в Московской – 51 % с преобладанием вирусов PNRSV и CLRV. На сортах вишни и черешни чаще был диагностирован PNRSV (18–30 %), на сортах сливы и алычи – PDV (17–19 %) и CLRV (50–71 %) [5, 6].

J. Polak изучал распространенность PPV, PDV, PNRSV, ACLSV, ApMV и CLRV в Чехии: 26–74 % исследованных растений рода *Prunus* L. были инфицированы PPV, 11–27 % – PDV, 18–22 % – PNRSV [7].

В Украине с целью изучения состояния садов проведены исследования на наличие пяти вирусных патогенов: TBRV, CLRV, ACLSV, PeAMV, PPV. Уровень инфицированности этими патогенами достигает 19,2 % для вишни, 5,8 % – для черешни и 7,4 % – для подвоев [8].

Для оценки встречаемости девяти вирусов было проведено масштабное обследование насаждений сливы в Латвии: 30,7 % деревьев были инфицированы PNRSV, 16,4 % – PDV. ApMV, ACLSV и PPV были обнаружены лишь в нескольких образцах. Также авторы отмечают наличие смешанной инфекции, наиболее распространенной была комбинация PDV + PNRSV [9].

* Исследования проведены в рамках проекта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований Б25А32-003 «Молекулярная характеристика патогенных вирусов (PNRSV, PDV, PRMV, PPV) и сравнительный анализ их негативного воздействия на растения рода *Prunus* L. в Беларуси и Азербайджане» (2025–2026 гг.)

Обследование, проведенное в питомниках черешни и молодых садах в Болгарии, показало общий уровень заражения вирусами 10,7 % (PDV – 6,9 %, PNRSV – 3,8 %) [10].

С использованием методов биологической диагностики в 2011–2014 гг. в пяти регионах Словакии был проведен мониторинг распространения PNRSV, PPV, PDV на персике, абрикосе, терне, черемухе, алыче и сливе. В результате было обнаружено 11 изолятов PPV, 2 изолята PNRSV и 1 изолят PDV, наиболее зараженными оказались вишня и слива. Для подтверждения и дополнения биологической диагностики применялись также молекулярные методы (ПЦР и секвенирование). Зараженность в интенсивных насаждениях составила 16 %, а в естественных местах произрастания достигла 21 %, что указывает на необходимость проведения мониторингов и диагностики патогенов для снижения инфекционной нагрузки и предотвращения распространения вирусов [11].

Цель исследования – проведение анализа встречаемости PNRSV, PPV, PDV, PRMV в насаждениях косточковых плодовых культур РУП «Институт плодоводства» за 2018–2024 гг.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в отделе биотехнологии РУП «Институт плодоводства» в 2018–2024 гг. Тестирование насаждений проводили в 2018, 2020, 2021, 2023, 2024 гг.

Объекты исследования:

маточные, коллекционные и селекционные сады сортов сливы, алычи, вишни, черешни, абрикоса, персика; посадки форм подвоев отделов питомниководства и селекции плодовых культур;

вирусы – вирус шарки сливы (*Plum pox virus*, PPV), вирус карликовости сливы (*Prune dwarf virus*, PDV), вирус некротической кольцевой пятнистости сливы (*Prunus necrotic ringspot virus*, PNRSV), вирус розеточной мозаики персика (*Peach rosette mosaic virus*, PRMV).

Для диагностики патогенов использовали иммуноферментный анализ (ИФА) [12]. Регистрация результатов велась на автоматическом ридере iMark™ Microplate Reader (Bio-Rad, США) при длине волны 405 нм. Сравнивали показатели оптической плотности анализируемых образцов ($A_о$) с показателями оптической плотности отрицательного контроля ($A_к$). Положительными считали образцы, значение оптической плотности у которых превышало среднюю оптическую плотность отрицательного контроля больше чем в 2 раза ($A_о / A_к > 2$) [13]. Повторность анализа каждого образца двукратная.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведен анализ встречаемости PNRSV, PDV, PPV, PRMV на деревьях косточковых культур в садах отдела питомниководства и отдела селекции плодовых культур РУП «Институт плодоводства» в разные (2018, 2020, 2021, 2023, 2024) годы (см. таблицу). В 2019 и 2022 гг. диагностику растений косточковых культур не проводили.

С 2018 по 2024 г. было протестировано 575 образцов (151 различный сорт, форма, гибрид), в том числе 67 образцов вишни, 138 – черешни, 109 – сливы, 71 – алычи, 77 – персика, 35 – абрикоса, 3 – миндаля, 20 – подвоев сливы, абрикоса, персика, 55 – подвоев вишни.

За весь проанализированный период PNRSV был обнаружен у 35 образцов (6,1 % от числа протестированных растений) вишни (Конфитюр, Nana, Несвижская, Тургеневка), черешни (Burlat, Sylvia, Бахор, Гасцинец, Дрогана желтая, Мария, Минчанка, Сюбаровская, Тютчевка, Этика) и алычи (Скороплодная). При этом только 3 растения сорта Конфитюр, содержащих PNRSV, выделены в маточном насаждении (отдел питомниководства), остальные 32 растения 3 сортов вишни, 12 сортов черешни и 1 сорта алычи, пораженных вирусом, отмечены в селекционных насаждениях.

PDV выявлен у 5 образцов (0,9 %), в том числе у черешни (Донецкая красавица, Свитхарт) и персика (гибрид 17-8/21). Все пораженные растения отмечены в селекционных насаждениях.

PPV отмечен у 8 образцов (1,4 %): двух сортов сливы (Виктория, Наташа) – по одному растению; сорта персика (Congres) – 6 растений. Все пораженные растения отмечены в селекционных насаждениях.

В 2021 г. впервые было проведено тестирование на наличие PRMV. Из 70 протестированных образцов для 8 образцов персика (Алекс, Донецкий белый, Золотой юбилей, Искра, Лойко) было отмечено незначительное превышение оптической плотности образца относительно контроля ($A_о$ / $A_к$ – 1,5–1,6). При этом полученная величина оптической плотности образца не позволяла достоверно констатировать зараженность растений PRMV. Тестирование, проведенное в 2024 г., достоверно показало отсутствие вируса в образцах персика (71 шт.).

Все протестированные формы миндаля и подвои косточковых культур свободны от PNRSV, PDV, PPV и PRMV (для миндаля, подвоев сливы, абрикоса, персика).

Анализ (ИФА) зараженности сортов и форм подвоев косточковых культур вирусами (2018, 2020, 2021, 2023, 2024 гг.)

Сорт/гибрид/форма	Количество образцов, шт.				
	протестировано	содержит вирусы			
		PNRSV	PDV	PPV	PRMV
Вишня					
Nana	2	2	0	0	н/т
Rival	2	0	0	0	н/т
Вянок	8	0	0	0	н/т
Гриот белорусский	3	0	0	0	н/т
Конфитюр	10	3	0	0	н/т
Ласуха	2	0	0	0	н/т
Ливенская	4	0	0	0	н/т
Местная (д. Бабиничи)	1	0	0	0	н/т
Местная (д. Остромичи)	5	0	0	0	н/т
Местная (д. Стриганец)	1	0	0	0	н/т
Метеор	1	0	0	0	н/т
Милавица	4	0	0	0	н/т
Несвижская	4	1	0	0	н/т
Память Еникеева	4	0	0	0	н/т
Ровесница	4	0	0	0	н/т
Тургеневка	6	1	0	0	н/т
Уйфехертой фюртош	6	0	0	0	н/т
Черешня					
Burlat	5	1	0	0	н/т
Daria	1	0	0	0	н/т
Irema	1	0	0	0	н/т
Jurgita	1	0	0	0	н/т
Lapins	4	0	0	0	н/т
Paula	1	0	0	0	н/т
Scurator	1	0	0	0	н/т
Skeena	4	0	0	0	н/т
Sylvia	4	2	0	0	н/т
Viola	1	0	0	0	н/т
Ziraat	1	0	0	0	н/т
Аннушка	5	0	0	0	н/т
Анонс	3	0	0	0	н/т
Антарес	2	0	0	0	н/т
Аэлита	1	0	0	0	н/т
Бахор	1	1	0	0	н/т
Беліца	1	0	0	0	н/т
Валерий Чкалов	5	0	0	0	н/т
Гасцинец	6	6	0	0	н/т
Гибрид 10/98	3	0	0	0	н/т
Гибрид 2005-14/23	3	0	0	0	н/т
Гибрид 30/41	1	0	0	0	н/т

Продолжение таблицы

Сорт/гибрид/форма	Количество образцов, шт.				
	протестировано	содержит вирусы			
		PNRSV	PDV	PPV	PRMV
Гибрид 8/15	1	0	0	0	н/т
Дилемма	1	0	0	0	н/т
Донецкая красавица	1	0	1	0	н/т
Дрогана желтая	1	1	0	0	н/т
Ипуть	5	0	0	0	н/т
Итальянка	1	0	0	0	н/т
Контрастная	2	0	0	0	н/т
Космическая	1	0	0	0	н/т
Красавица	5	0	0	0	н/т
Крупноплодная	1	0	0	0	н/т
Любава	7	0	0	0	н/т
Мария	9	3 (6 тестов)	0	0	н/т
Медуница	3	0	0	0	н/т
Минчанка	9	6	0	0	н/т
Наслаждение	3	0	0	0	н/т
Отрада	2	0	0	0	н/т
Победа	1	0	0	0	н/т
Подарок Орлу	1	0	0	0	н/т
Престижная	1	0	0	0	н/т
Регина	5	0	0	0	н/т
Регула	4	0	0	0	н/т
Свитхарт	1	0	1	0	н/т
Сюбаровская	10	1 (2 теста)	0	0	н/т
Таврическая	1	0	0	0	н/т
Талисман	1	0	0	0	н/т
Тютчевка	4	4	0	0	н/т
Уголёк	1	0	0	0	н/т
Этика	1	1 (3 теста)	0	0	н/т
Слива					
Adelyn	3	0	0	0	н/т
Sonora	3	0	0	0	н/т
Блюфри	7	0	0	0	н/т
Венгерка белорусская	15	0	0	0	н/т
Венера	6	0	0	0	н/т
Виктория	4	0	0	1	н/т
Волат	7	0	0	0	н/т
Гибрид 11-01/15	8	0	0	0	н/т
Даликатная	7	0	0	0	н/т
Кромань	13	0	0	0	н/т
Кубанская ранняя	8	0	0	0	н/т
Награда неманская	3	0	0	0	н/т
Нарач	3	0	0	0	н/т
Наташа	3	0	0	1	н/т
Смолинка	3	0	0	0	н/т
Стенли	8	0	0	0	н/т
Утро	3	0	0	0	н/т
Чачакская Лепотика	5	0	0	0	н/т
Алыча					
Асалода	5	0	0	0	н/т
Ветразь-2	10	0	0	0	н/т
Золушка	3	0	0	0	н/т
Комета	6	0	0	0	н/т

Продолжение таблицы

Сорт/гибрид/форма	Количество образцов, шт.				
	протестировано	содержит вирусы			
		PNRSV	PDV	PPV	PRMV
Лама	6	0	0	0	н/т
Лодва	12	0	0	0	н/т
Найдена	3	0	0	0	н/т
Несмеяна	3	0	0	0	н/т
Панна	8	0	0	0	н/т
Скороплодная	6	2	0	0	н/т
Сонейка	6	0	0	0	н/т
Царская	3	0	0	0	н/т
Персик					
Congres	6	0	0	6	0
Red Haven	3	0	0	0	0
Алекс	7	0	0	0	1 (+/–)
Гибрид 17-8/21	3	0	3	0	0
Донецкий белый	18	0	0	0	1 (+/–)
Донецкий желтый	3	0	0	0	0
Золотой юбилей	5	0	0	0	1 (+/–)
Искра	9	0	0	0	2 (+/–)
Лойко	14	0	0	0	3 (+/–)
Образец № 7	3	0	0	0	0
Польский поздний	3	0	0	0	0
Сеянец Старка	3	0	0	0	0
Абрикос					
Дэбют	4	0	0	0	0
Знаходка	3	0	0	0	0
Камея	7	0	0	0	0
Лявон	4	0	0	0	0
Память Говорухина	7	0	0	0	0
Погремок	2	0	0	0	0
Спадчына	5	0	0	0	0
Триумф Северный	3	0	0	0	0
Миндаль					
Декоративная форма	1	0	0	0	0
Образец № 39	1	0	0	0	0
Образец № 40	1	0	0	0	0
Подвой сливы, абрикоса, персика					
№ 761	1	0	0	0	0
Бест	1	0	0	0	0
ВВА 1	6	0	0	0	0
Весеннее пламя	6	0	0	0	0
ВПК-1	3	0	0	0	0
Спикер	2	0	0	0	0
Упрямец	1	0	0	0	0
Подвой вишни, черешни					
Cs 6	2	0	0	0	н/т
Gisela-5	4	0	0	0	н/т
Mirodad	2	0	0	0	н/т
А16	1	0	0	0	н/т
АИ 15-53	1	0	0	0	н/т
АИ-1	5	0	0	0	н/т
АИ-1Б	1	0	0	0	н/т
АИ-5	1	0	0	0	н/т
АИ-74	2	0	0	0	н/т

Окончание таблицы

Сорт/гибрид/форма	Количество образцов, шт.				
	протестировано	содержит вирусы			
		PNRSV	PDV	PPV	PRMV
АИ-92	2	0	0	0	н/т
АИР	1	0	0	0	н/т
БР	1	0	0	0	н/т
Вагос	4	0	0	0	н/т
ВСЛ-2	6	0	0	0	н/т
ВСЛ-9	3	0	0	0	н/т
ВХА 83/44	2	0	0	0	н/т
Измайловский	2	0	0	0	н/т
КВ	1	0	0	0	н/т
РВА-9	2	0	0	0	н/т
ФИЛ-6	3	0	0	0	н/т
Форма 18/25	5	0	0	0	н/т
Форма В 83/5	2	0	0	0	н/т
ШИ-1	1	0	0	0	н/т
ШИ-2	1	0	0	0	н/т

П р и м е ч а н и е. Обозначения: «+/–» – сомнительный образец ($A_о$ / $A_к$ – 1,5–1,6); «н/т» – тестирование не проводилось.

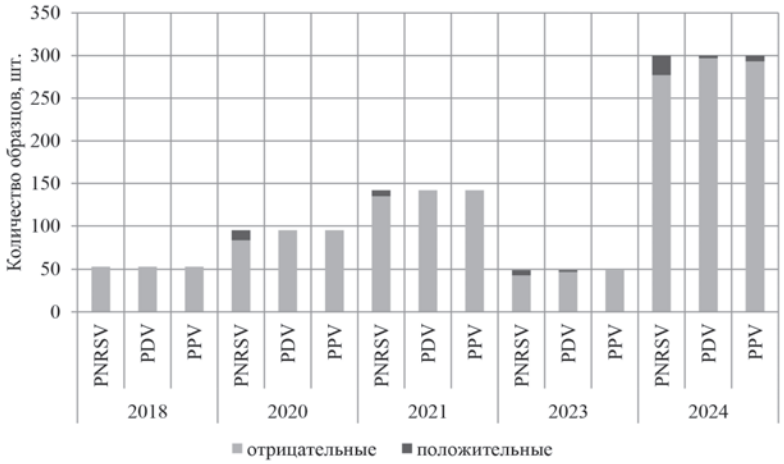


Рис. 1. Встречаемость вирусов в насаждениях косточковых культур в различные годы (2018, 2020, 2021, 2023, 2024 гг.), ИФА

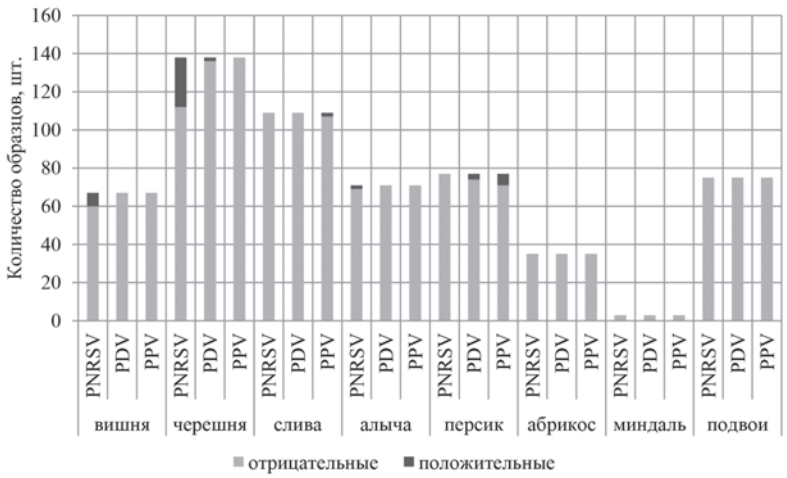


Рис. 2. Встречаемость вирусов у косточковых культур (2018, 2020, 2021, 2023, 2024 гг.), ИФА

Объемы тестирования насаждений косточковых культур существенно отличались в различные годы исследований (рис. 1). PNRSV ежегодно отмечается в насаждениях с 2020 г., PDV – в 2023 и 2024 гг., PPV выявлен только в 2024 г. Существенное сокращение растений, пораженных PPV, обусловлено постоянными санитарными прочистками инфицированных растений в предыдущие годы.

В течение 2018, 2020, 2021, 2023, 2024 гг. в посадках вишни и алычи выявлен только PNRSV, сливы – PPV. Для культур черешни и персика отмечены два вируса: для черешни – PNRSV и PDV, для персика – PDV и PPV (рис. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С 2018 по 2024 г. протестировано 575 образцов (151 различный сорт, форма, гибрид), в том числе 67 образцов вишни, 138 – черешни, 109 – сливы, 71 – алычи, 77 – персика, 35 – абрикоса, 3 – миндаля, 20 – подвоев сливы, абрикоса, персика, 55 – подвоев вишни, черешни.

PNRSV был обнаружен у 35 образцов (6,1 % от числа протестированных растений), PDV – у 5 (0,9 %), PPV – у 8 образцов (1,4 %), PRMV – не выявлен.

PNRSV ежегодно отмечается в насаждениях с 2020 г., PDV – в 2023 и 2024 гг., PPV выявлен только в 2024 г.

В течение 2018, 2020, 2021, 2023, 2024 гг. в посадках вишни и алычи выявлен только PNRSV, сливы – PPV. Для культур черешни и персика отмечены два вируса: для черешни – PNRSV и PDV, для персика – PDV и PPV.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Systemic infections of pome and stone fruit trees by newly emerging virus pathogens and phytoplasmas and possibilities of reducing their economic damage / J. Sedlak, J. Spak, I. Koloniuk [et al.] // Acta Horticulturae. – 2024. – № 1401. – P. 237–248.

2. Virus (ES) infecting stone fruits: detection methods and biotechnological approaches towards management strategies / V. Chandel, T. Rana, V. Hallan, A. A. Zaidi // Recent trends in biotechnology and microbiology / ed.: R. K. Gaur, P. Sharma, R. Pratap [et al.]. – New York : Nova Science Publisher's, 2010. – Ch. 6. – P. 65–79.

3. Pest categorisation of non-EU viruses and viroids of *Prunus* L. / C. Bragard, K. Dehnen-Schmutz, P. Gonthier [et al.] // European Food Safety Authority Journal. – 2019. – Vol. 17, № 9. – P. e05735. – DOI: 10.2903/j.efsa.2019.5735.

4. Распространенность вирусов косточковых культур в некоторых субъектах России и генетический анализ изолятов PNRSV / Ю. Н. Приходько, Т. С. Живаева, Ю. А. Шнейдер, М. О. Кондратьев // Садоводство и виноградарство. – 2024. – № 2. – С. 39–46.

5. Федорович, С. В. Разработка метода мультиплексной идентификации вируса Шарки сливы и гена большой субъединицы рибулозо-1,5-бисфосфаткарбоксилазы/оксигеназы как внутреннего положительного контроля амплификации / С. В. Федорович, И. И. Супрун, М. Т. Упадышев // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2023. – № 81. – С. 279–289.

6. Изучение вредоносных вирусов в насаждениях косточковых культур в Центральном регионе России / М. Т. Упадышев, К. В. Метлицкая, А. Д. Петрова, Е. А. Туть // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2019. – Т. 6, № 2. – С. 90–92.

7. Polak, J. Viruses of blackthorn and road-bordening trees of plum, myrobalan, sweet and sour cherries in the Czech Republic / J. Polak // Plant Protection Science. – 2007. – Vol. 43. – P. 1–4.

8. Detection of sour and sweet cherry viruses in Ukraine / L. Pavliuk, K. Udovychenko, I. Riaba, M. Bublyk // Agronomy Research. – 2021. – Vol. 19, № 1. – P. 199–209.

9. Occurrence of stone fruit viruses in plum orchards in Latvia / A. Gospodaryk, I. Moročko-Bičevska, N. Pupola, A. Kale // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B: Natural, Exact, and Applied Sciences. – 2013. – Vol. 67, № 2. – P. 116–123.

10. Borisova, A. Incidence of ilarviruses in cherry nurseries and newly established orchards / A. Borisova, I. Kamenova, S. K. Krumov // Journal of Central European Agriculture. – 2021. – Vol. 22, № 4. – P. 771–776.

11. Rozák, J. Molekulárna a biologická diagnostika vybraných vírusových fytopatogénov ovocných drevín / J. Rozák, Z. Gálová, M. Glasa. – Nitra : Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre, 2019. – 96 s.

12. Методика диагностики основных вирусных инфекций плодовых и ягодных культур / Н. В. Кухарчик, М. С. Кастрицкая, С. Э. Семенас [и др.]. – Минск : А. Н. Вараксин, 2015. – 31 с.

13. ELISA tests for viruses. EPPO Standards PM 7/125 (1) // Bulletin OEPP/EPPO. – 2015. – Vol. 45. – P. 445–449.

MONITORING OF VIRAL DISEASES IN STONE FRUIT CROPS IN THE ORCHARDS OF THE INSTITUTE OF FRUIT GROWING

T. N. BOZHIDAI, N. V. KUKHARCHIK, E. V. KOLBANOVA

Abstract

Laboratory studies (ELISA) were carried out in the biotechnology department of the Republican Unitary Enterprise 'Institute of Fruit Growing' during 2018–2024. Monitoring was conducted in mother orchards, breeding collections, and selection gardens of the fruit crop nursery and breeding departments. The occurrence of *Plum pox virus* (PPV), *Prune dwarf virus* (PDV), *Prunus necrotic ringspot virus* (PNRSV), and *Peach rosette mosaic virus* (PRMV) was assessed. During the study period, 575 samples were tested (151 distinct cultivars, forms, and hybrids), including: 67 samples of sour cherry, 138 of sweet cherry, 109 of plum, 71 of cherry plum, 77 of peach, 35 of apricot, 3 of almond, 20 rootstocks of plum, apricot, and peach, and 55 rootstocks of sour and sweet cherry.

Keywords: PNRSV, PDV, PPV, PRMV, plum, cherry plum, sour cherry, sweet cherry, apricot, peach, ELISA, Belarus.

Поступила в редакцию 23.01.2025

УДК [634.723+634.711]:631.526.32:631.529(476)

ИНТРОДУКЦИЯ СОРТОВ ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР СЕЛЕКЦИИ А. И. АСТАХОВА В БЕЛАРУСИ

А. Г. ЗАЗУЛИН[1], Л. В. ФРОЛОВА[1], Е. Г. АКУЛЕНКО[2]

[1]РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by
[2]ВНИИ люпина – филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»,
ул. Берёзовая, 2, п. Мичуринский, Брянский район, Брянская область, 241524, Россия,
e-mail: lupin_mail@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты исследований основных хозяйственно ценных показателей 12 сортов смородины черной (Добрыня, Кудмиг, Литвиновская, Мавлади, Нара, Партизанка брянская, Подарок Астахова, Севчанка, Селеченская, Селеченская-2, Услада, Чара) и 2 образцов малины летнего срока созревания (Любетовская, Свирель) селекции А. И. Астахова из Всероссийского научно-исследовательского института люпина (в настоящее время Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса). Оценка проведена в отделе ягодных культур РУП «Институт плодоводства» по методике ВНИИСПК в 2022–2024 гг. По результатам изучения высокопродуктивные и устойчивые к почковому клещу сорта Кудмиг и Селеченская-2 впервые были привлечены в гибридизацию как источники комплекса хозяйственно ценных признаков. Сорт смородины черной Селеченская-2 внесен в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений для приусадебного возделывания в Республике Беларусь с 2018 г. Сорт малины Свирель отличался высокой зимостойкостью и продуктивностью, слабой шиповатостью побегов и высокой дегустационной оценкой плодов. Сильная восприимчивость к грибным болезням указывает на необходимость химической защиты насаждений этого сорта в природно-климатических условиях Беларуси.

Ключевые слова: селекция, сорт, смородина черная, малина, Россия, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Смородина черная и малина являются традиционными ягодными культурами как в Беларуси, так и в России, которые широко распространены в насаждениях разной формы собственности. Современный сортимент смородины черной и малины представлен большим количеством сортов. Наиболее востребованы высокопродуктивные сорта, отличающиеся высоким качеством плодов и устойчивостью к основным патогенам. Помимо отечественной селекции, интродукция основных достижений различных селекционных школ ближнего и дальнего зарубежья способствует ускоренному расширению существующего сортимента породно-сортового состава ягодных культур.

Существенный вклад в селекционную работу ягодных культур в России был внесен Александром Ивановичем Астаховым – заслуженным работником сельского хозяйства России, селекционером, генетиком. Селекционная работа по плодово-ягодным культурам во ВНИИ люпина (ныне ВНИИ люпина – филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса») была начата в 1969 г. В результате ученым созданы сорта яблони – Брянское, Брянское алое, Брянское золотистое, Викор, Памяти Липунова; грецкого ореха – Астаховский; малины – Любетовская, Свирель [1]. По смородине черной им лично была разработана долгосрочная селекционная программа. При ее выполнении проводилось периодическое чередование инбридинга и кроссбридинга, вовлекались новые источники иммунитета к грибным болезням и вредителям, а также комплексные источники основных хозяйственно ценных признаков. В результате сложной многоступенчатой селекции созданы сорта и отборные формы, в геномах которых имеются гены 3–5 ботанических видов рода *Ribes* L. [2]. А. И. Астаховым впервые в мире были созданы крупноплодные гетерозисные сорта смородины черной, обладающие адаптивностью как в условиях европейской части России, так и в условиях Сибири. За весь период исследований им лично (1969–2007 гг.), его соратниками и талантливыми учениками М. В. Каньшиной, Е. Г. Акуленко, Л. И. Зуевой,

Н. В. Маркеловой (с 2007 г. по настоящее время) было создано 25 сортов, 14 из которых внесены в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации, 11 проходят госсортоиспытание в различных административно-территориальных регионах России; 1 сорт включен в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений для приусадебного возделывания во всех 6 областях Республики Беларусь [3].

В Беларуси селекционная работа по смородине черной и малине ведется в направлении улучшения параметров основных хозяйственно-биологических признаков – продуктивность, крупноплодность, устойчивость к вредителям, адаптивность растений к биотическим и абиотическим факторам. В процессе селекции смородины черной оказалось высокоэффективным привлечение в гибридизацию вида смородина дикуша (*Ribes dikuscha*), а также европейского (*R. nigrum* subsp. *europaeum*) и сибирского (*R. nigrum* subsp. *sibiricum*) подвидов рода *Ribes* L. [4].

Успех селекционной работы А. Г. Волузнева, основоположника селекции ягодных культур в Беларуси, подтверждается исследованиями А. И. Астахова о ценности привлечения в качестве родительских форм сибирского, европейского подвидов и смородины дикуши. Большинство сортов, выведенных А. И. Астаховым, произошло с участием сортов Бредторп (Brödtorp – финский сорт с участием *R. nigrum* subsp. *europaeum*) и Сеянец Голубки (Зоя × гибридная форма 25-50-1 (Каракол × Алтайская десертная)) – потомки сибирского, европейского подвидов и смородины дикуши (*Ribes nigrum* subsp. *europaeum* × *R. nigrum* subsp. *sibiricum* × *R. dikuscha*).

Целью проведенных исследований являлось выделение новых сортов ягодных культур селекции А. И. Астахова, пригодных для интродукции в природно-климатических условиях Беларуси.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в РУП «Институт плодоводства» в 2022–2024 гг. в условиях центральной зоны плодоводства в аг. Самохваловичи Минского района (Беларусь).

Исследования, необходимые учеты и наблюдения роста и развития растений проводили на коллекционных участках отдела ягодных культур.

Почва участка дерново-подзолистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке. Агрохимические показатели почвы: гумус – 3,2–3,6 %; pH – 4,9–5,6; P_2O_5 – 413,3 мг/кг; K_2O – 509,2; CaO – 1431,0; MgO – 164,3; Cu – 2,3; Zn – 4,5; $Mn_{обм}$ – 3,1; $Mn_{подв}$ – 133,3; Fe – 1323,0; Co – 0,8; B – 1,0 мг/кг.

Зима 2021/2022 г. характеризовалась нестабильным температурным режимом, с периодическими оттепелями. Минимальные температуры воздуха были отмечены 22.12 и 29.12, когда среднесуточная температура была ниже нормы на 8 °С и составила –12 °С; 12.01: –12,4 °С (–14,7 °С на поверхности почвы); 04.02: –9,0 °С (–15,5 °С на поверхности почвы).

Весна 2022 г. была холодная и затяжная с неустойчивым температурным режимом. Преобладающая среднесуточная температура воздуха была ниже климатической нормы на 1–3 °С. В первой декаде мая на поверхности почвы были отмечены отрицательные температуры: –1,1 °С (01.05), –0,1 °С (05.05) и –0,8 °С (10.05). В дальнейшем погодные условия вегетационного периода носили стабильный характер с незначительным отклонением от среднемноголетней нормы температурного режима и выпавших осадков.

Погодные условия в зимний период 2022/2023 г. были на уровне среднемноголетних наблюдений, с чередованием оттепельного и морозного периода. В сложившихся погодных условиях подготовка растений к глубокому покою проходила в условиях планомерного перехода от положительных значений температуры воздуха (+1,8…+12,4 °С) до отрицательных (–0,2…–11,3 °С). Устойчивый морозный период с понижением температуры до –18,5 °С установился в первой декаде января, сменившись затем оттепелью. Самая высокая температура (+4,6 °С) наблюдалась 14.02.

Подобная погода, без критических перепадов температуры воздуха с достаточным количеством осадков, сохранилась и в начале весны. В целом весной 2023 г. наблюдался неустойчивый температурный режим и дефицит осадков. В мае отмечено 8 дней с температурой воздуха ниже 0 °С. Самая низкая температура воздуха за этот период наблюдалась 08.05 (–3,6 °С), самая высокая – 15.05 (+25,1 °С). В летний период погодные условия были на уровне среднемноголетних наблюдений. Однако отмечалось неравномерное выпадение осадков по месяцам.

Погодные условия в зимний период 2023/2024 г. были на уровне среднемноголетних наблюдений, с чередованием оттепельного и морозного периодов. В сложившихся погодных условиях осенне-зимнего периода подготовка растений к глубокому покою проходила в условиях пониженного температурного режима. Температура воздуха 28.11 опустилась до –12,4 °С, 04.12 – до –13,3 °С, сменившись во второй и третьей декадах декабря оттепельным периодом. В целом для зимнего периода были характерны частые оттепели различной продолжительности – от 1 до 9 дней с повышением температуры воздуха до +0,2…+11,9 °С.

Погодные условия в начале весеннего периода 2024 г. характеризовались преобладанием повышенного температурного режима, среднесуточная температура воздуха была на 1–3 °С выше климатической нормы. В мае самая низкая температура воздуха (–2,3 °С) была зафиксирована 08.05, самая высокая (+28,6 °С) – 29.05. Осадков выпало 54 мм (82 % от нормы). Продолжение вегетационного периода проходило в условиях климатической нормы температуры воздуха или ее отклонения до +1,1 °С.

Объектами исследований являлись 12 образцов смородины черной (Добрыня, Кудмиг, Литвиновская, Мавлади, Нара, Партизанка брянская, Подарок Астахова, Севчанка, Селеченская, Селеченская-2, Услада, Чара) и 2 – малины летнего срока созревания (Любетовская, Свирель) селекции Всероссийского научно-исследовательского института люпина (в настоящее время Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса (ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»).

Краткое описание сортов смородины черной от оригинатора. **Добрыня.** Сорт среднего срока созревания, получен от скрещивания сорта Изюмная × 42-7. Автор – А. И. Астахов. Сорт устойчив к мучнистой росе, среднеустойчив к антракнозу и почковому клещу. Куст сжатой формы, умеренного роста. Средняя урожайность – 10,6 т/га. Ягоды крупные (2,8–6,0 г), слегка овальные, черные, блестящие, кожица плотная. Вкус кисло-сладкий с ароматом, дегустационная оценка – 4,8 балла. В ягодах содержится: сахаров – 6,9 %, титруемых кислот – 2,5 %, аскорбиновой кислоты – 200 мг/100 г.

Кудмиг. Сорт среднего срока созревания, получен от скрещивания формы 6-28-105 × × Селеченская-2. Авторы: А. И. Астахов, М. В. Каньшина, Л. И. Зуева. Адаптивный, устойчив к грибным болезням и почковому клещу, урожайный – 10,4 т/га. Куст сильнорослый, пряморослый. Ягоды массой 2,1–3,2 г, черные, блестящие, отрыв сухой. Вкус сладко-кислый, дегустационная оценка – 4,9 балла. В ягодах содержится: сахаров – 8,0 %, титруемых кислот – 1,9 %, аскорбиновой кислоты – 172 мг/100 г.

Литвиновская. Сорт среднераннего срока созревания, получен от скрещивания формы СН 6-28-105 × Селеченская-2. Авторы: А. И. Астахов, Л. И. Зуева, Н. В. Маркелова Устойчив к американской мучнистой росе, весенним заморозкам, среднеустойчив к почковому клещу, жаре и засухе. Куст среднерослый слабораскидистый. Средняя урожайность – 9,6 т/га. Ягоды крупные, округлые, черные, блестящие, с сухим отрывом. Вкус сладкий, дегустационная оценка – 4,5 балла. Масса ягод – 1,6–2,8 г. В ягодах содержится: сахаров – 7,0 %, титруемых кислот – 2,3 %, аскорбиновой кислоты – 182 мг/100 г.

Мавлади. Сорт позднего срока созревания, получен от скрещивания сортов Титания × × Добрыня. Авторы: А. И. Астахов, Л. И. Зуева, М. В. Каньшина, Е. Г. Акуленко. Высокоустойчив к мучнистой росе и почковому клещу. Урожайность – 11,7 т/га. Куст высокорослый слабораскидистый. Ягоды черные, крепкие, кисло-сладкого вкуса, дегустационная оценка – 4,5 балла. Средняя масса ягод – 2,0 г, максимальная – 2,7 г. В ягодах содержится: сахаров – 8,30 %, титруемых кислот – 2,39 %, аскорбиновой кислоты – 193 мг/100 г.

Нара. Сорт раннего срока созревания, получен от скрещивания сорта Сеянец Голубки × форма 32-77. Автор – А. И. Астахов. Сорт устойчив к американской мучнистой росе и почковому клещу, устойчив к засухе и весенним заморозкам, средняя урожайность – 10,0 т/га. Куст среднерослый, слабораскидистый. Ягоды крупные, округлые, одномерные, черные, блестящие, с сухим отрывом, вкус кисло-сладкий, дегустационная оценка – 4,6 балла. Средняя масса ягод – 1,9 г, максимальная – 3,3 г. В ягодах содержится: сахаров – 6,8 %, титруемых кислот – 2,5 %, аскорбиновой кислоты – 182 мг/100 г.

Партизанка брянская. Сорт среднего срока созревания, получен от скрещивания форм 42-7 × 4-1-116. Авторы: А. И. Астахов, Л. И. Зуева, Е. Г. Акуленко. Устойчив к грибным болезням и почковому клещу. Куст среднерослый, слабораскидистый, средней густоты. Средняя урожайность – 15,3 т/га. Ягоды крупные, округлые, черные, отрыв сухой. Вкус ягод сладко-кислый, дегустационная оценка свежих ягод – 4,7 балла. Средняя масса ягод – 2,6 г, максимальная – 3,5 г. В ягодах содержится: сахаров – 7,5 %, титруемых кислот – 2,1 %, аскорбиновой кислоты – 195 мг/100 г.

Подарок Астахова. Сорт позднего срока созревания, получен от скрещивания формы 6-28-105 × Селеченская-2. Авторы: А. И. Астахов, Л. И. Зуева, М. В. Каньшина, Е. Г. Акуленко. Высокоустойчив к грибным болезням и почковому клещу. Куст сильнорослый, слабораскидистый. Средняя урожайность – 16,4 т/га. Ягоды черные, плотные. Вкус сладко-кислый, дегустационная оценка – 4,9 балла. Средняя масса ягод – 2,2 г, максимальная – 2,9 г. В ягодах содержится: сахаров – 7,70 %, титруемых кислот – 2,29 %, аскорбиновой кислоты – 203 мг/100 г.

Севчанка. Сорт раннего срока созревания, получен от скрещивания сорта Сеянец Голубки × × форма 32-77. Авторы: А. И. Астахов, Л. И. Зуева. Сорт устойчив к мучнистой росе, антракнозу, столбчатой ржавчине, почковому клещу, устойчив к засухе и весенним заморозкам. Куст сильнорослый, слабораскидистый. Средняя урожайность – 10,4 т/га. Ягоды крупные, округлые, черные, блестящие, с одновременным созреванием, с сухим отрывом, кисло-сладкого вкуса, дегустационная оценка – 4,6 балла. Средняя масса ягод – 2,0 г, максимальная – 3,0 г. В ягодах содержится: сахаров – 6,9 %, титруемых кислот – 2,4 %, аскорбиновой кислоты – 277 мг/100 г.

Селеченская. Сорт раннего срока созревания, получен от скрещивания сорта Сеянец Голубки × × 32-77. Автор – А. И. Астахов. Устойчив к американской мучнистой росе, среднеустойчив к антракнозу, почковому клещу, засухе и весенним заморозкам. Куст среднерослый, слабораскидистый, густой. Средняя урожайность – 10,0 т/га. Ягоды крупные, округлые, черные, блестящие, с сухим отрывом. Вкус сладкий, дегустационная оценка – 4,9 балла. Средняя масса ягод – 2,2 г, максимальная – 5,5 г. В ягодах содержится: сахаров – 7,8 %, титруемых кислот – 2,2 %, аскорбиновой кислоты – 182 мг/100 г.

Селеченская-2. Сорт раннего срока созревания, получен от скрещивания 42-7 × 4-1-116. Авторы: А. И. Астахов, Л. И. Зуева. Куст сильнорослый, прямостоячий. Устойчив к грибковым болезням и почковому клещу. Средняя урожайность – 11,5 т/га. Ягоды крупные (3,0–5,5 г), округлые, черные, блестящие, с сухим отрывом, сладкого вкуса, дегустационная оценка – 5,0 балла. В ягодах содержится: сахаров – 7,3 %, титруемых кислот – 2,2 %, аскорбиновой кислоты – 160 мг/100 г.

Услада. Сорт среднего срока созревания, получен от скрещивания сортов Добрыня × × Сокровище. Авторы: А. И. Астахов, Л. И. Зуева, М. В. Каньшина. Устойчив к грибным болезням и практически не повреждается почковым клещом. Средняя урожайность – 8,4 т/га. Куст компактный, слегка раскидистый. Ягоды черные, блестящие, плотные, с сухим отрывом, сладко-кислого вкуса, дегустационная оценка – 4,9 балла. Средняя масса ягод – 3,0 г, максимальная – 6,7 г. В ягодах содержится: сахаров – 8,4 %, титруемых кислот – 2,3 %, аскорбиновой кислоты – 160 мг/100 г.

Чара. Сорт среднего срока созревания, получен от скрещивания сортов Добрыня × Сокровище. Авторы: А. И. Астахов, Л. И. Зуева, М. В. Каньшина. Устойчив к грибным болезням и почковому клещу. Средняя урожайность – 10,4 т/га. Куст средней величины, слегка раскидистый. Ягоды крупные, черные, блестящие, плотные, с сухим отрывом, дегустационная оценка – 4,8 балла. Средняя масса ягод – 2,2 г, максимальная – 5,4 г. В ягодах содержится: сахаров – 6,60 %, титруемых кислот – 2,64 %, аскорбиновой кислоты – 160 мг/100 г.

Краткое описание сортов малины от оригинатора. **Любетовская.** Сорт среднего срока созревания, получен от скрещивания сортов Ньюбург × Болгарский рубин. Автор – А. И. Астахов. Куст средней силы роста, пряморослый. Шиповатость в нижней части стеблей средняя, в средней и верхней – слабая, шипы редкие, короткие, прямые. Сорт зимостойкий, засухоустойчивый. Устойчив к грибным и вирусным заболеваниям. Плодоносит на двухлетних побегах. Урожайность высокая – 8–10 т/га. Ягоды крупные, продолговато-конические, красные, опуше-

ние слабое, созревают дружно. Средняя масса – 4,0 г, максимальная – 6,5 г. Мякоть плотная, сочная, кисло-сладкая с ароматом. В ягодах содержится: сахаров – 6,80 %, титруемых кислот – 1,15 %, аскорбиновой кислоты – 36 мг/100 г.

Свирель. Сорт среднего срока созревания, получен от скрещивания сортов Ньюбург × × Болгарский рубин. Автор – А. И. Астахов. Куст средней силы роста с мощными прямостоячими побегами. Шиповатость в нижней части стеблей слабая, шипы редкие, короткие, мягкие. Сорт зимостойкий, засухо- и жароустойчив, устойчив к грибным и вирусным болезням. Плодоносит на двухлетних побегах. Урожайность – 8–9 т/га. Ягоды крупные, удлиненно-конические, красные, опушение слабое, созревают дружно. Средняя масса – 4,5 г, максимальная – 5,5 г. Мякоть плотная, сочная, кисло-сладкая с ароматом. В ягодах содержится: сахаров – 6,9 %, титруемых кислот – 1,2 %, аскорбиновой кислоты – 44 мг/100 г.

Учеты, наблюдения, отбор проб для исследований проводили по методикам ВНИИСПК (Орёл, 1999) [5].

Статистическая обработка результатов проведена методом однофакторного дисперсионного анализа с использованием программного обеспечения STATISTICA 8.0, применяя ANOVA, однофакторный дисперсионный анализ, критерий Дункана ($p < 0,05$) для сравнения средних значений ($n = 3$) [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В годы исследований были изучены основные хозяйственные показатели смородины черной – степень плодоношения, масса 100 ягод, дегустационная оценка свежих плодов, степень поражения почковым клещом (табл. 1).

Таблица 1. **Результаты изучения сортов смородины черной селекции ВНИИ люпина по основным хозяйственным показателям (2022–2024 гг.)**

Название сортообразца	Степень плодоношения, балл	Средняя масса 100 ягод, г*	Дегустационная оценка, балл	Средняя степень поражения почковым клещом, балл
Добрыня	4	241,1^{cd}	4,0	1
Кудмиг	5	181,1^{g}	4,0	0
Литвиновская	4	230,0^{e}	4,5	0
Мавлади	5	190,0^{f}	4,0	1
Нара	4	123,3^{j}	4,0	1
Партизанка брянская	4	252,2^{b}	4,5	0
Подарок Астахова	4	233,3^{e}	4,5	1
Севчанка	3	154,4^{hi}	3,5	0
Селеченская	3	160,0^{h}	4,0	1
Селеченская-2	5	319,4^{a}	4,0	0
Услада	3	242,2^{c}	4,0	0
Чара	3	151,1^{i}	3,0	1

* Различия между сортами, обозначенными одинаковыми буквами, несущественны при $p = 0,5$ (в пределах каждого столбца).

Степень плодоношения является одним из важных признаков, отражающих продуктивность генотипа. В учете по данному показателю отмечено некоторое варьирование по сортам от 3 до 5 баллов. Наивысшая оценка (5 баллов) по степени плодоношения была у сортов – Кудмиг, Селенченская-2 и Мавлади. С оценкой в 4 балла отмечены сорта Добрыня, Литвиновская, Нара, Партизанка брянская, Подарок Астахова. У остальных сортов она составляла 3 балла.

Масса ягоды является одним из признаков, влияющих на продуктивность сорта, в ходе исследований была изучена градация сортов по данному показателю. У большинства сортов была отмечена крупноплодность ягод (согласно методике ВНИИСПК масса 100 ягод выше 150 г) [1]. Масса 100 ягод у сорта Литвиновская достигала 230,0 г, Подарок Астахова – 233,3 г, Добрыня – 241,1 г, Услада – 242,2 г, Партизанка Брянская – 252,2 г. Максимальной крупностью плодов отличался сорт Селеченская-2 – 319,4 г. У сортов Литвиновская, Подарок Астахова, Селеченская-2

средняя масса ягоды соответствует описанию оригинатора сорта, у остальных сортов данный показатель несколько ниже описанного, что обусловлено влиянием низкой температуры воздуха во время цветения смородины черной, а также недостаточным количеством осадков в период формирования плодов в условиях центральной зоны плодоводства Беларуси.

В приусадебном садоводстве большую ценность представляют десертные сорта смородины черной. При исследовании показателей вкуса наиболее высокую дегустационную оценку (4,5 балла) получили сорта: Литвиновская, Подарок Астахова, Партизанка брянская.

В Беларуси, как и в других странах, где занимаются выращиванием смородины, опасным вредителем, распространяющим вирусное заболевание – реверсию, является смородинный почковый клещ (*Cecidophyopsis ribis*). За период изучения на сортах селекции ВНИИ люпина Кудмиг, Литвиновская, Партизанка брянская, Севчанка, Селеченская-2, Услада не было признаков поражения почковым клещом (степень поражения 0 баллов). На остальных сортах отмечено очень слабое повреждение единичных почек (1 балл).

Интродуцированные сорта Кудмиг и Селеченская-2, выделенные по комплексу хозяйственно ценных признаков (урожайность, крупноплодность, устойчивость к почковому клещу), в 2018–2024 гг. впервые в Беларуси были привлечены в гибридизацию: Кудмиг – в 5, Селеченская-2 – в 4 комбинациях скрещиваний.

По результатам многолетнего изучения научного наследия А. И. Астахова в Беларуси сорт смородины черной Селеченская-2 внесен в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений для приусадебного возделывания по всем 6 областям Республики Беларусь с 2018 г. [3].

В годы исследований изучены основные хозяйственные показатели 2 сортов малины летнего срока созревания селекции ВНИИ люпина в сложившихся погодно-климатических условиях центральной зоны плодоводства Беларуси (табл. 2).

Сорт малины летнего срока созревания Любетовская отличался высокой зимостойкостью (степень подмерзания надземной части – 0 баллов). Шиповатость побегов слабая (1 балл). Продуктивность средняя (урожай – 0,7 кг/куст, средняя масса ягоды – 2,9 г). Дегустационная оценка свежих плодов достигала 4,6 балла по 5-балльной шкале. Сорт отличался очень сильным поражением грибными болезнями (поражение пурпуровой пятнистостью на уровне 60 %).

Таблица 2. **Результаты изучения сортов малины селекции ВНИИ люпина по основным хозяйственным показателям (2022–2024 гг.)**

Название сортообразца	Степень подмерзания надземной части при t_{min} = –18 °С, балл	Шиповатость побегов, балл	Урожай, кг/куст	Средняя масса ягоды, г	Вкус, балл	Степень поражения пурпуровой пятнистостью, %
Любетовская	0	1	$0,7^b$	$2,9^a$	$4,6^a$	60^b
Свирель	0	1	$1,1^a$	$3,4^a$	$4,7^a$	45^a

Примечание. Различия между сортами, обозначенными одинаковыми буквами, несущественны при $p = 0,5$ (в пределах каждого столбца).

Сорт малины летнего срока созревания Свирель отличался высокой зимостойкостью (степень подмерзания надземной части 0 баллов) и продуктивностью (урожай – 1,1 кг/куст, средняя масса ягоды – 3,4 г). Дегустационная оценка свежих плодов достигала 4,7 балла по 5-балльной шкале. Шиповатость побегов слабая (1 балл). Сорт отличался сильным поражением грибными болезнями (поражение пурпуровой пятнистостью на уровне 45 %).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам многолетнего изучения сортов ягодных культур селекции А. И. Астахова в сложившихся погодно-климатических условиях Беларуси не наблюдалось поражения почковым клещом у сортов Кудмиг, Литвиновская, Партизанка брянская, Севчанка, Селеченская-2, Услада. По степени плодоношения с оценкой в 5 баллов выделились высокопродуктивные сорта Кудмиг, Селеченская-2, Мавлади. Лучшими из изучаемых образцов по крупноплодности оказались Селеченская-2 (средняя масса ягоды – 3,1 г), Партизанка Брянская (2,5 г), Услада

и Добрыня (2,4 г). По итогам проведенной дегустационной оценки наивысший показатель (4,5 балла) отмечен у сортов Литвиновская, Партизанка брянская, Подарок Астахова.

Сорта Кудмиг и Селеченская-2 впервые в Беларуси были привлечены в гибридизацию как источники комплекса хозяйственно ценных признаков (урожайность, крупноплодность, устойчивость к почковому клещу) в 9 комбинациях скрещиваний в 2018–2024 гг.

Сорт смородины черной Селеченская-2 внесен в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений для приусадебного возделывания по всем 6 областям Республики Беларусь с 2018 г.

Сорт малины летнего срока созревания Свирель отличался высокой зимостойкостью (степень подмерзания надземной части составила 0 баллов) и продуктивностью (урожай – 1,1 кг/куст, средняя масса ягоды – 3,4 г). Дегустационная оценка свежих плодов достигала 4,7 балла по 5-балльной шкале. Шиповатость побегов слабая (1 балл). Сорт отличался сильным поражением грибными болезнями (поражение пурпуровой пятнистостью на уровне 45 %), что указывает на необходимость химической защиты насаждений этого сорта в природно-климатических условиях Беларуси.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Астахов, А. И. Смородина черная – состояние и перспективы селекции / А. И. Астахов // Современное состояние культур смородины и крыжовника : сб. науч. тр. / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т садоводства им. И. В. Мичурина ; редкол.: Ю. В. Трунов (гл. ред.) [и др.]. – Мичуринск-наукоград, 2007. – С. 21–31.

2. Астахов, А. И. Селекция черной смородины на генетической основе / А. И. Астахов // Ягодоводство на современном этапе : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения А. Г. Волузнева, пос. Самохваловичи, 13–15 июля 2004 г. / Ин-т плодоводства НАН Беларуси ; редкол.: Р. Э. Лойко (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2004. – Т. 15. – С. 34–41.

3. Сорта плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда, включенные в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений и находящиеся на испытании в Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений / Ин-т плодоводства. – Самохваловичи, 2025. – 32 с.

4. Волузнев, А. Г. Сорта селекции черной смородины в Белорусской ССР / А. Г. Волузнев, Н. А. Зазулина // Состояние и перспективы развития ягодоводства в СССР : сб. науч. тр. / Всерос. науч.-исслед. ин-т садоводства им. И. В. Мичурина ; редкол.: В. А. Гудковский (гл. ред.) [и др.]. – Мичуринск, 1990. – С. 49–52.

5. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: Е. Н. Джигадло [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.

6. Халафян, А. А. Теория вероятностей, математическая статистика и анализ данных: основы теории и практика на компьютере. STATISTICA. EXCEL. Более 150 примеров решения задач / А. А. Халафян, В. П. Боровиков, Г. В. Калайдина. – М. : URSS, 2017. – 320 с.

INTRODUCTION OF BERRY CULTIVARS SELECTED BY A. I. ASTAKHOV IN BELARUS

A. G. ZAZULIN, L. V. FROLOVA, E. G. AKULENKO

Abstract

The article presents the results of studies on the main economically valuable indicators of 12 blackcurrant cultivars (Dobrynya, Kudmig, Litvinovskaya, Mavladi, Nara, Partizanka Bryanskaya, Podarok Astakhova, Sevchanka, Selechenskaya, Selechenskaya-2, Uslada, Chara) and 2 samples of summer-ripening raspberry (Lyubetovskaya, Sviryel) selected by A. I. Astakhov from the All-Russian Research Institute of Lupin (currently the Federal Scientific Center for Feed Production and Agroecology named after V. R. Williams). The assessment was conducted in the Berry Crops Department of the RUE 'Institute of Fruit Growing' according to the methodology of the VNIISPK from 2022 to 2024. Based on the study results, the highly productive and pest-resistant cultivars Kudmig and Selechenskaya-2 were first introduced into hybridization as sources of a complex of economically valuable traits. The blackcurrant cultivar Selechenskaya-2 has been included in the state register of agricultural plant varieties for backyard cultivation in the Republic of Belarus since 2018. The raspberry cultivar Sviryel demonstrated high winter hardiness and productivity, low thorniness of shoots, and high tasting scores for the fruits. The strong susceptibility to fungal diseases indicates the need for chemical protection of this cultivar in the natural climatic conditions of Belarus.

Keywords: selection, cultivar, blackcurrant, raspberry, Russia, Belarus.

Поступила в редакцию 09.04.2025

УДК 634.75:631.526.32:628.9:581.143.6

ВЛИЯНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТА, ЯНТАРНОЙ И ФОЛИЕВОЙ КИСЛОТ НА УКОРЕНЕНИЕ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ (*FRAGARIA* × *ANANASSA* DUCH.) СОРТА АЗИЯ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Е. В. ПОУХ, О. С. ИВАНОВА, Т. П. КОБРИНЕЦ

РУП «Брестская ОСХОС НАН Беларуси»,
ул. Урбановича, 5, г. Пружаны, Брестская область, 224145, Беларусь,
e-mail: elena.v.poukh@yandex.by

АННОТАЦИЯ

Исследования проведены в лабораторных условиях в отделе плодоводства РУП «Брестская ОСХОС НАН Беларуси» в 2021–2022 гг. Объекты исследований: растения-регенеранты земляники садовой сорта Азия. В ходе исследований изучено влияние спектрального состава света, янтарной и фолиевой кислот на укоренение земляники садовой в культуре *in vitro.*

На этапе микроразмножения в условиях *in vitro* наибольшие значения доли укорененных растений-регенерантов отмечали при освещении спектральным составом «красный, синий, оранжевый» при использовании среды МС + + янтарная (37,4 %) и фолиевая кислота (51,5 %). На этапе укоренения в условиях *in vitro* наибольшие показатели количества корней отмечены на среде МС + фолиевая кислота при спектральном составе света «полный спектр» ((10,5 ± 0,46) шт.), «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет» ((10,7 ± 0,69) шт.). Максимальный показатель средней длины корней ((3,8 ± 0,12) см) отмечали при использовании среды МС + фолиевая кислота и спектрального состава «красный, синий, оранжевый». Добавление в среду МС янтарной и фолиевой кислот способствовало увеличению доли укоренившихся растений-регенерантов земляники садовой сорта Азия до (100,0 ± 0,00) %.

Ключевые слова: земляника садовая, спектральный состав света, янтарная кислота, фолиевая кислота, укоренение, культура *in vitro*, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях *in vitro* спектральный состав света оказывает большое влияние на процессы роста, регенерации и ризогенеза растений [1]. В связи с этим отмечается избирательная реакция микропобегов земляники при микроклональном размножении на освещение различным спектральным составом, благоприятным для роста и развития микропобегов [2, 3].

По данным Л. В. Баулиной, освещение красным светом растений земляники сортов Амулет и Профьюжен на этапах микроразмножения и укоренения *in vitro* способствует увеличению числа генеративных образований в поле [4]. В то же время освещение синим светом растений земляники сорта Пурпуровая на этапах микроразмножения и укоренения в условиях *in vitro* сдерживает появление генеративных образований в полевых условиях.

Исследования, проводимые М. Г. Марковой и Е. Н. Сомовой, показали, что в условиях *ex vitro* регуляторы роста и экспериментальные светодиодные фитооблучатели оказывают влияние на адаптацию укорененных микрочеренков земляники садовой сорта Корона. Наиболее эффективным фактором оказалось использование экспериментального светодиодного фитооблучателя с меняющимся спектром: увеличивались площадь листовой поверхности, высота розеток и количество нормально развитых листьев у микрорастений земляники [1].

В Барановичском государственном университете было изучено влияние света искусственных диодов различного спектрального состава света на биометрические показатели растений-регенерантов земляники садовой ремонтантного сорта Мерлан. В результате чего установлено положительное влияние синего спектра света на процесс ризогенеза как в условиях *in vitro*, так и *ex vitro.* Увеличение доли красного света положительно влияет на накопление биомассы надземной части растений-регенерантов [5–7].

Помимо светового режима, большое значение для роста и развития оздоровленных растений в условиях *in vitro* оказывает наличие в составе питательных средств биологически активных веществ (гормонов, витаминов и т. д.), способствующих стимуляции деления клеток, повышению стрессоустойчивости. В научной литературе имеются данные о положительном влиянии

на растения, размножаемые в культуре тканей, органических кислот (фолиевая, янтарная, салициловая).

Применение биологически активных веществ в растениеводстве при предпосевной обработке семян повышает выносливость к засухе, холоду, перепадам температуры и иммунитет к патогенам [8]. В частности, предпосевная обработка семян зерновых культур раствором янтарной кислоты повышает всхожесть, увеличивает число продуктивных стеблей, зерен в колосе, массу зерна [9]. Применение янтарной кислоты в качестве стимулятора роста при размножении облепихи зелеными черенками обеспечивает увеличение выхода саженцев и повышение их качества [10]. Она также используется в культуре *in vitro*: на этапах пролиферации, укоренения и адаптации к условиям *ex vitro* [11]. Установлено положительное влияние соли янтарной кислоты (сукцинат натрия) на эффективность ризогенеза сливы [12].

Фолиевая кислота помогает растениям в поддержании обмена веществ, играет важнейшую роль при формировании урожайности и улучшении качественных показателей урожая [13].

Цель исследований – выявление влияния спектрального состава, янтарной и фолиевой кислот в составе питательной среды на морфогенез растений-регенерантов земляники садовой сорта Азия на этапе ризогенеза в условиях *in vitro*.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работу проводили в отделе плодоводства РУП «Брестская ОСХОС НАН Беларуси» в 2021–2022 гг. в лабораторных условиях. Объекты исследований – растения-регенеранты земляники садовой сорта Азия.

При изучении режимов освещения применяли фитолампы с различным спектральным составом света: белый свет (контроль), 40 Вт; светильник светодиодный (полный спектр), 21,5 Вт; светильник светодиодный (сине-красный спектр: красный – 660 нм, синий – 430 нм, инфракрасный – 730 нм, ультрафиолетовый – 400 нм), 14 Вт; светильник светодиодный (красно-синий спектр 5 : 1: красный – 650 нм, синий – 450 нм), 15 Вт; фитосветильник светодиодный (красный – 610–650 нм, синий – 450–465 нм, оранжевый – 610–620 нм), 18 Вт.

В качестве регуляторов роста применяли янтарную и фолиевую кислоты в концентрации 4,0 мг/л [14–16]. На этапе укоренения в условиях *in vitro* растений-регенерантов использовали питательные среды в следующих вариантах: 1) среда 1/2 Мурасиге и Скуга (МС) (контроль) с содержанием 0,5 мг/л индолилмасляной кислоты (ИМК), 0,1 мг/л гиббереллловой кислоты ($ГК_3$); 2) среда 1/2 МС + янтарная кислота; 3) среда 1/2 МС + фолиевая кислота.

Для оценки эффективности влияния спектрального состава света, янтарной и фолиевой кислот в составе питательной среды на укоренение растений-регенерантов земляники садовой в культуре *in vitro* были изучены следующие показатели: доля укоренения (%), среднее количество корней (шт.), средняя длина корней (см).

Растения культивировали в течение 3–4 недель при температуре +21…+23 °С, освещенности 2,5–3,5 тыс. лк, фотопериод составил 16/8 ч.

Статистическую обработку проводили, используя ANOVA, двухфакторный дисперсионный анализ, критерий Дункана при $p < 0,05$ для сравнения средних значений в программе STATISTICA 10.0. В табл. 2 данные приведены в виде «среднее значение ± стандартная ошибка».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении влияния спектрального состава и состава питательной среды на рост и развитие земляники садовой в культуре *in vitro* отмечено, что микрорастения земляники садовой способны укореняться еще на этапе микроразмножения. Так, на 5-м пассаже при использовании среды МС (контроль) получено от 19,3 до 24,2 % укорененных пробирочных растений. Наибольшее количество укорененных растений получено при освещении спектральным составом «красный, синий, оранжевый» (24,2 %) (табл. 1).

Таблица 1. **Влияние спектрального состава и состава питательной среды на укоренение в условиях *in vitro* микрорастений земляники садовой сорта Азия на 5-м пассаже этапа микроразмножения**

Спектральный состав (фактор *A*)	Состав питательной среды (фактор *B*)		
	МС (контроль)	МС + янтарная кислота	МС + фолиевая кислота
	Доля укорененных растений-регенерантов, %		
Белый свет (контроль)	23,8	17,7	31,8
Полный спектр	19,3	26,5	26,0
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	19,9	29,0	33,5
Красный, синий	21,1	27,3	30,6
Красный, синий, оранжевый	24,2	37,4	51,5
Среднее	21,7	27,6	34,7

Таблица 2. **Влияние состава питательной среды и спектрального состава на рост и развитие корневой системы земляники садовой сорта Азия на этапе укоренения в условиях *in vitro***

Спектральный состав (фактор *A*)	Состав питательной среды (фактор *B*)		
	МС (контроль)	МС + янтарная кислота	МС + фолиевая кислота
Среднее количество корней, шт.			
Белый свет (контроль)	$3,7 \pm 0,20^{e}$	$8,4 \pm 0,15^{cd}$	$7,9 \pm 0,32^{d}$
Полный спектр	$3,8 \pm 0,52^{e}$	$8,0 \pm 0,69^{d}$	$10,5 \pm 0,46^{a}$
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	$3,3 \pm 0,23^{e}$	$9,5 \pm 0,37^{abc}$	$10,7 \pm 0,69^{a}$
Красный, синий	$4,1 \pm 0,03^{e}$	$9,4 \pm 0,87^{abc}$	$9,8 \pm 0,06^{ab}$
Красный, синий, оранжевый	$3,6 \pm 0,03^{e}$	$8,2 \pm 0,26^{cd}$	$9,0 \pm 0,17^{bcd}$
Средняя длина корней, см			
Белый свет (контроль)	$2,5 \pm 0,17^{bcd}$	$2,9 \pm 0,15^{bc}$	$2,4 \pm 0,27^{bcde}$
Полный спектр	$2,0 \pm 0,55^{def}$	$2,8 \pm 0,15^{bc}$	$2,9 \pm 0,03^{b}$
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	$1,8 \pm 0,06^{ef}$	$2,4 \pm 0,03^{bcde}$	$2,6 \pm 0,12^{bcd}$
Красный, синий	$1,7 \pm 0,29^{f}$	$3,0 \pm 0,12^{b}$	$2,5 \pm 0,25^{bcde}$
Красный, синий, оранжевый	$2,2 \pm 0,09^{cdef}$	$2,9 \pm 0,20^{bc}$	$3,8 \pm 0,12^{a}$
Доля укорененных растений-регенерантов, %			
Белый свет (контроль)	$65,0 \pm 8,66^{bc}$	$91,4 \pm 0,52^{a}$	$96,9 \pm 1,79^{a}$
Полный спектр	$55,0 \pm 20,21^{c}$	$88,9 \pm 6,41^{ab}$	$93,4 \pm 3,84^{a}$
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	$45,0 \pm 8,66^{c}$	$93,4 \pm 1,41^{a}$	$96,2 \pm 2,22^{a}$
Красный, синий	$45,0 \pm 8,66^{c}$	$96,3 \pm 2,14^{a}$	$86,2 \pm 5,37^{ab}$
Красный, синий, оранжевый	$65,0 \pm 14,43^{bc}$	$88,8 \pm 2,39^{ab}$	$100,0 \pm 0,00^{a}$

Примечание. Данные с одинаковыми буквами в столбцах и между столбцами статистически не различаются при $p < 0,05$ (критерий Дункана).

Доля укоренившихся микрорастений при использовании среды МС + янтарная кислота в зависимости от спектрального состава варьировала от 17,7 до 37,4 %. Наибольшее их значение отмечалось при освещении спектральным составом «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет» (29,0 %) и «красный, синий, оранжевый» (37,4 %). Доля укоренившихся микрорастений при использовании среды МС + фолиевая кислота в зависимости от спектрального состава варьировала от 26,0 до 51,5 %. Наибольшее значение отмечалось при освещении спектральным составом «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет» (33,5 %) и «красный, синий, оранжевый» (51,5 %).

Статистическая обработка данных позволила выявить зависимость количества корней земляники садовой сорта Азия от спектрального состава ($p < 0,01$), состава питательной среды ($p < 0,001$) и совместного действия этих двух факторов ($p < 0,05$) (табл. 2). Наибольшие показатели формирования корней отмечены на среде МС + фолиевая кислота и при спектральном составе света «полный спектр» – (10,5 ± 0,46) шт., «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет» – (10,7 ± 0,69) шт. (табл. 2).

Микрорастения земляники садовой, выращенные на среде МС (контроль), имели среднюю длину корней от (1,7 ± 0,29) до (2,5 ± 0,17) см. Максимальное значение средней длины корней растений-регенерантов ((3,8 ± 0,12) см) отмечено при использовании среды МС + фолиевая кислота и спектрального состава «красный, синий, оранжевый».

На среде МС (контроль) доля укорененных растений-регенерантов при изучаемых спектральных составах колебалась от (45,0 ± 8,66) до (65,0 ± 14,43) % и была значимо ниже вариантов с добавлением в среду янтарной и фолиевой кислот. При добавлении в среду МС янтарной кислоты отмечено увеличение доли укорененных микрорастений до (96,3 ± 2,14) %, фолиевой кислоты – до (100,0 ± 0,00) %.

ВЫВОДЫ

На этапе микроразмножения в условиях *in vitro* наибольшие значения доли укорененных растений-регенерантов отмечали при освещении спектральным составом «красный, синий, оранжевый» при использовании среды МС + янтарная (37,4 %) и фолиевая кислота (51,5 %).

На этапе укоренения в условиях *in vitro* максимальное количество корней было отмечено на среде МС + фолиевая кислота при спектральных составах света «полный спектр» ((10,5 ± ± 0,46) шт.) и «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет» ((10,7 ± 0,69) шт.). Максимальный показатель средней длины корней ((3,8 ± 0,12) см) отмечался при использовании среды МС + фолиевая кислота и спектрального состава «красный, синий, оранжевый».

Добавление в среду МС янтарной и фолиевой кислоты способствовало увеличению доли укоренившихся растений-регенерантов земляники садовой по сравнению с контролем: доля укорененных растений-регенерантов варьировала от (86,2 ± 5,37) до (100 ± 0,00) %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Маркова, М. Г. Влияние питательной среды и спектрального состава света на размножение земляники *in vitro* / М. Г. Маркова, Е. Н. Сомова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – Т. 63, № 2. – С. 35–41.

2. Высоцкий, В. А. Спектральный состав света как регуляторный фактор при клональном микроразмножении ягодных растений / В. А. Высоцкий // Плодоводство и ягодоводство России. – 2016. – Т. XXXXIV. – С. 126–130.

3. Моргунов, Д. Н. Анализ характеристик светодиодных источников света / Д. Н. Моргунов, С. И. Васильев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 6 (62). – С. 75–77.

4. Баулина, Л. В. Факторы культивирования *in vitro* и их влияние на рост и развитие растений земляники *in vitro* и *in vivo* : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Баулина Любовь Владимировна ; Рос. гос. аграр. ун-т. – М., 2012. – 26 с.

5. Мороз, Д. С. Влияние света светодиодных осветителей различного спектрального состава на адаптацию растений-регенерантов земляники садовой *Fragaria* × *ananassa* Duch. к нестерильным условиям / Д. С. Мороз, М. Ю. Шпак, Е. А. Петровская // Перспективы развития науки в современном мире : материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. (г. Уфа, 7 марта 2019 г.) / редкол.: И. А. Соловьев [и др.]. – Уфа, 2019. – С. 101–107.

6. Особенности адаптации меристемных растений земляники садовой *Fragaria* × *ananassa* Duch. в условиях светодиодного освещения / Д. С. Мороз, М. Ю. Шпак, Е. А. Петровская, С. Е. Медведик // Вестник БарГУ. Серия «Биологические науки (общая биология). Сельскохозяйственные науки (агрономия)». – 2019. – № 7. – С. 73–82.

7. Шпак, М. Ю. Изучение влияния света искусственных диодов различного спектрального состава на ризогенез земляники садовой (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) в культуре ин витро / М. Ю. Шпак // Техника и технологии: инновации и качество : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 19 дек. 2017 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Баранович. гос. ун-т, Студен. науч. сообщество БарГУ ; редкол.: В. В. Климук (гл. ред.) [и др.]. – Барановичи, 2017. – С. 174–175.

8. Поликсенова, В. Д. Индуцированная устойчивость растений к патогенам и абиотическим стрессовым факторам (на примере томата) / В. Д. Поликсенова // Вестник Белорусского государственного университета. Серия 2, Химия. Биология. География. – 2009. – № 1. – С. 48–60.

9. Дроздов, Н. А. Применение янтарной кислоты на посевах зерновых / Н. А. Дроздов, И. М. Соколовский // Бюллетень Главного ботанического сада. – 1970. – Вып. 77. – С. 49–53.

10. Гущина, Е. Н. Использование янтарной кислоты в качестве стимулятора роста при выращивании саженцев облепихи / Е. Н. Гущина, Л. Д. Шаманская // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 7. – С. 12–14.

11. Змушко, А. А. Применение янтарной кислоты в растениеводстве / А. А. Змушко, Т. А. Красинская // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2019. – Т. 31. – С. 288–292.

12. Винтер, М. А. Совершенствование приемов оздоровления и клонального микроразмножения сливы домашней на основе оценки адаптивного потенциала сортов : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.08 / Винтер Марина Александровна ; Сев.-Кавк. федер. науч. центр садоводства, виноградарства, виноделия. – Краснодар, 2018. – 24 с.

13. Пружинин, Г. А. Применение витаминов группы В на виноградниках Подмосковья / Г. А. Пружинин, А. И. Сопин // Московское общество испытателей природы. – URL: https://sad-moip.msu.ru/sad-moip/sad-moip.ru/useful-facts/pruzhinin-g-a-sopin-a-i-primenenie-vitaminov-gruppy-v-na-vinogra.htm (дата обращения: 09.02.2025).

14. Беседина, Е. Н. Изучение эффективности новых стимуляторов роста различной природы при клональном микроразмножении подвоев яблони серии СК / Е. Н. Беседина, Л. Л. Бунцевич, М. А. Костюк // Плодоводство и ягодоводство России. – 2014. – Т. XXXIX. – С. 29–32.

15. Бунцевич, Л. Л. Ростовые реакции эксплантов сливы *in vitro* при использовании препаратов группы янтарной кислоты / Л. Л. Бунцевич, Е. Н. Беседина, М. А. Костюк // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2015. – № 36 (06). – С. 35–41.

16. Воздействие ранее не применявшихся в клональном микроразмножении регуляторов роста на микропобеги сливы *in vitro* / Л. Л. Бунцевич, А. Т. Киян, Е. Н. Беседина, М. А. Костюк // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – № 115. – С. 1039–1046.

EFFECT OF LIGHT SPECTRAL COMPOSITION, SUCCINIC AND FOLIC ACIDS ON ROOTING OF GARDEN STRAWBERRY (*FRAGARIA* × *ANANASSA* DUCH.) CULTIVAR ASIA IN *IN VITRO* CULTURE

E. V. POUKH, O. S. IVANOVA, T. P. KOBRINETS

Abstract

The study was conducted under laboratory conditions in the Department of Fruit Growing at the RUE ‘Brest Regional Agricultural Experimental Station of the NAS of Belarus’ in 2021–2022. The research objects were regenerant plants of the garden strawberry cultivar Asia. The effect of light spectral composition, as well as the addition of succinic and folic acids, on the rooting of strawberry in *in vitro* culture was investigated.

At the micropropagation stage, the highest percentage of rooted regenerant plants was observed under lighting with a red-blue-orange spectral combination when using MS medium supplemented with succinic acid (37.4 %) and folic acid (51.5 %). At the rooting stage, the highest number of roots was recorded on MS medium with folic acid under ‘full-spectrum’ light ((10.5 ± 0.46) roots) and under a ‘red, blue, infrared, ultraviolet’ light composition ((10.7 ± 0.69) roots). The maximum average root length ((3.8 ± 0.12) cm) was obtained using MS medium with folic acid under red-blue-orange light.

The addition of succinic and folic acids to the MS medium increased the rooting rate of *Fragaria* × *ananassa* cv. Asia regenerants up to (100 ± 0.00) %.

Keywords: garden strawberry, light spectral composition, succinic acid, folic acid, rooting, *in vitro* culture, Belarus.

Поступила в редакцию 03.03.2025

УДК 634.711:631.526.32:632.4(476)

ОЦЕНКА ПОРАЖАЕМОСТИ СЕРОЙ ГНИЛЬЮ ПЛОДОВ СОРТОВ МАЛИНЫ ЛЕТНЕГО СРОКА СОЗРЕВАНИЯ В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Р. И. ПЛЕСКАЦЕВИЧ[1], Л. В. ФРОЛОВА[2]

[1]РУП «Институт защиты растений»,
ул. Мира, 2, аг. Прилуки, Минский район, 223011, Беларусь,
e-mail: romualdap@mail.ru
[2]РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by

АННОТАЦИЯ

В статье приведены итоги многолетней оценки коллекции генетических ресурсов малины РУП «Институт плодоводства», которая насчитывает 38 сортов летнего срока созревания, по поражаемости серой гнилью плодов. Исследования проведены в 2021–2023 гг. в условиях естественного инфекционного фона на опытном участке отдела ягодных культур по общепринятой методике ВНИИСПК (Орёл, 1999). В результате выделены наиболее устойчивые к серой гнили сорта различного географического происхождения, у которых потери урожая ягод не превышали 5,0 %: белорусские – Двойная, Мядовая, Услада; российские – Алая россыпь, Антарес, Лавина, Спутница, Таруса, Турмалин; украинские – Козачка, Феномен; румынский – Ruvi; английский – Octavia. Данные сорта могут быть использованы как источники устойчивости к этому грибному заболеванию для дальнейшей селекционной работы.

Ключевые слова: малина, сорт, возбудитель болезни, серая гниль, устойчивость, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Малина – ценная ягодная культура, промышленное возделывание которой в мире имеет тенденцию постоянного увеличения. Ее выращивают более чем в 50 странах мира. Этому способствует скороплодность культуры, относительная легкость размножения, высокая приживаемость, позднее цветение и самоплодность, постоянный спрос на ягодную продукцию. Крупнейшими поставщиками малины на мировом рынке являются Польша, Россия, Великобритания, Швейцария, Германия, Австралия, США, Канада, Новая Зеландия, Сербия и Чили [1]. В среднем в мире ежегодно производится около 400 тыс. т ягод [2]. В России под насаждениями малины занято около 34 тыс. га, а ежегодное производство ягод составляет 170–175 тыс. т – примерно третья часть расчетной потребности ягод малины для обеспечения населения и перерабатывающей промышленности [3]. В Беларуси общая площадь ягодных насаждений составляет 14,6 тыс. га, при этом на долю промышленных посадок приходится 43 % [4].

Лимитирующим фактором получения высоких урожаев малины являются грибные болезни, влияющие на реализацию хозяйственного потенциала культуры. К настоящему времени на малине выявлено несколько десятков грибных, бактериальных и вирусных болезней, которые поражают корни, стебли, листья и плоды [5]. В условиях Беларуси при интенсивных технологиях возделывания культуры повсеместное распространение имеют болезни стеблей [6]. Однако изменяющиеся погодные условия, интродукция сортов зарубежной селекции, загущение посадок привели к усилению вредоносности серой гнили, возбудитель которой гриб *Botrytis cinerea* Pers. вызывает поражение как вегетативных, так и генеративных органов: бутонов, цветков, ягод, листьев и молодых побегов. На листьях серая гниль образует крупные (1–3 см) расплывчатые темно-серые загнивающие пятна, во влажные годы при сильном развитии болезни отмечается появление пятен вытянутой формы в междоузлиях молодых побегов. В период созревания на ягодах образуются отдельные размягченные бурые пятна, которые быстро разрастаются и вызывают их загнивание. На плодоножках появляются бурые пятна, быстро охватывающие их кольцом, что вызывает засыхание завязей. В условиях высокой влажности воздуха пораженные органы малины покрываются серым бархатистым налетом конидиального спороношения гриба *B. cinerea*. Оптимальными для прорастания спор патогена являются температура воздуха

+18…+22 °С и влажность 95–100 %. В цикле развития гриб образует мицелий, конидии и склероции, зимует в стадии мицелия и склероциев на пораженных органах и растительных остатках [7]. Формирование той или иной стадии гриба зависит от питающего растения (субстрата) и факторов среды [8]. Гниль плодов, вызванная фитопатогеном, является одним из основных факторов, ограничивающих получение высоких урожаев малины. Потери урожая на промышленных плантациях составляют 50 % и более, особенно в годы с избыточным количеством осадков.

Для контроля развития болезней малины применяют биопрепараты, моно- и двукомпонентные фунгициды [9–11]. Современная тенденция развития плодоводства диктует необходимость использования устойчивых к грибным болезням сортов ягодных культур, являющихся основой экологизированной системы защиты растений. В настоящее время одним из приоритетных направлений селекции малины летнего срока созревания является выведение сортов, устойчивых к болезням, в том числе к серой гнили. Большое разнообразие сортимента малины различного генетического происхождения требует изучения его в конкретных почвенно-климатических условиях выращивания [5].

Цель исследований – оценка коллекции сортов малины летнего срока созревания на поражаемость серой гнилью плодов.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение устойчивости к возбудителю серой гнили, динамики развития данной болезни проводили в 2021–2023 гг. в коллекционных насаждениях сортов малины летнего срока созревания РУП «Институт плодоводства» (аг. Самохваловичи, Минский район, Беларусь) в условиях естественного инфекционного фона.

Объектами исследований являлись 38 образцов малины летнего срока созревания различного географического происхождения:

4 – белорусской селекции (сорта Аленушка, Двойная, Мядовая, Услада);

4 – украинской селекции (Козачка, Персея, Саня, Феномен);

3 – румынской селекции (Citria (Ситрия), Rubin (Рубин), Ruvi (Руви));

1 – польской селекции (Laszka (Лашка));

1 – английской селекции (Octavia (Октавия));

25 – российской селекции, среди которых 10 сортов селекции И. В. Казакова и коллектива Кокинского опорного пункта ВСТИСП (Бальзам, Беглянка, Бригантина, Вольница, Лавина, Метеор, Пересвет, Скромница, Спутница, Улыбка); 5 – В. В. Кичины и его коллег из ВСТИСП (Маросейка, Патриция, Сенатор, Таруса, Шоша); 5 – коллектива Свердловской селекционной станции садоводства (Алая россыпь, Антарес, Бархатная, Лель, Турмалин); 2 – Т. В. Жидехиной и ее коллег из ФНЦ Садоводства имени И. В. Мичурина (Клеопатра, Яркая); 2 – селекции А. И. Астахова из ВНИИ люпина (Любетовская, Свирель); 1 – селекции Ботанического сада Нижегородского государственного университета (Награда).

Среди объектов исследований 3 образца малины отличаются плодами желтого цвета – сорта Мядовая (Беларусь), Беглянка (Россия), Citria (Ситрия) (Румыния).

При изучении устойчивости отечественных и интродуцированных сортов малины летнего срока созревания к возбудителю серой гнили, а также динамики развития данной болезни проводили учеты поражения ягод, руководствуясь «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Орёл, 1999) [12]. Учеты на сортах осуществляли на стационарных площадках (1 погонный метр технологической ленты ряда шириной 40–60 см) в 4-кратной повторности.

В период вегетации отмечали дату появления первых признаков болезни. Для учета поражения ягод серой гнилью просматривали все учетные кусты с ягодами на каждой учетной площадке в период массового сбора. Вычисляли процент пораженных ягод.

Для анализа метеоусловий использовали данные, полученные на агрометеорологической станции «Минск», расположенной в аг. Самохваловичи.

Метеорологические условия в период проведения исследований (июнь – август 2021–2023 гг.) по тепло- и влагообеспеченности растений были разнообразными, что позволило объективно

оценить сорта малины летней на поражаемость серой гнилью. Летний период 2021 г. характеризовался повышенным температурным режимом и достаточным увлажнением. Среднесуточная температура воздуха составила: в июне – +20,0 °С, июле – +22,5 °С, что превысило многолетние значения на 3,6 и 3,9 °С соответственно (рис. 1).

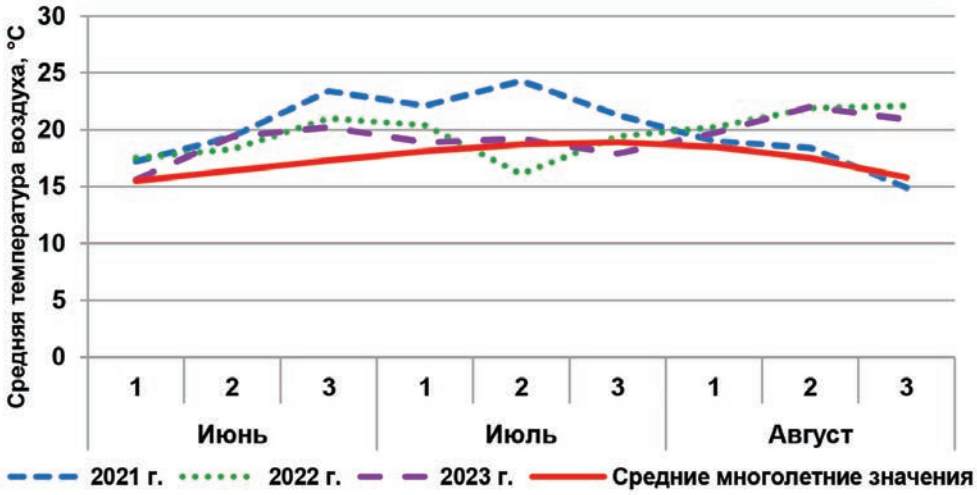


Рис. 1. Среднедекадная температура воздуха за летний период 2021–2023 гг. (метеостанция «Минск»)

Осадки выпадали неравномерно. В июне в целом количество осадков было в пределах нормы, в то время как их количество в июле (143,9 мм) превышало многолетние показатели на 60,0 %, что способствовало массовому развитию серой гнили на плодах сортов малины летнего срока созревания (рис. 2).

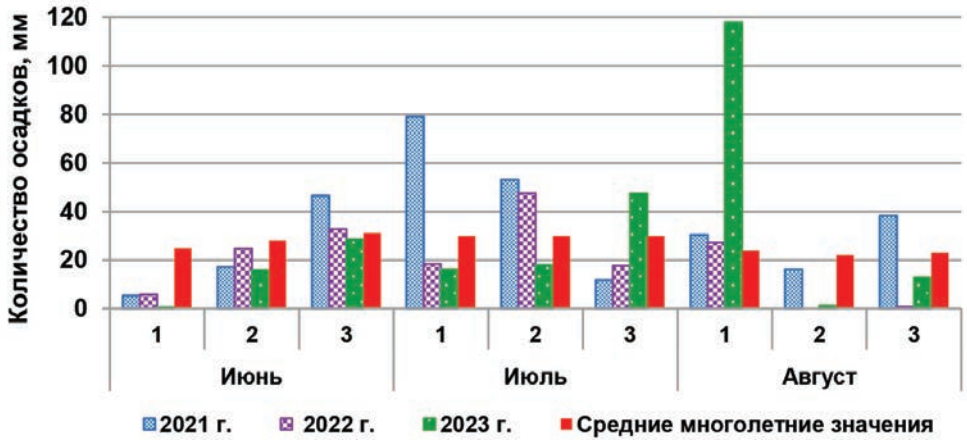


Рис. 2. Количество осадков за летний период 2021–2023 гг. (метеостанция «Минск»)

Вегетационный период 2022 г. характеризовался жаркой погодой в июне (+18,9 °С) и умеренно теплой в июле (+18,7 °С). За бóльшую часть летнего периода количество осадков было ниже климатической нормы и составило по месяцам: 63,3 мм – июнь и 83,6 мм – июль.

Летний период 2023 г. характеризовался умеренно теплой погодой и неравномерным распределением осадков. В июне среднесуточная температура воздуха (+18,4 °С) превысила норму на 2,0 °С, в июле (+18,6 °С) – была в пределах среднемноголетних значений. Количество осадков в июне (44,8 мм) составило 63,0 % от нормы, в июле – 81,5 мм, или 90,5 % от нормы. Достаточное количество осадков и высокая влажность воздуха в конце июля были благоприятны для заражения ягод малины летней конидиями *B. cinerea* и развития болезни.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основании мониторинга фитопатологической ситуации и уточнения доминирующих болезней установлено, что наиболее вредоносной болезнью малины, приводящей к прямым потерям урожая ягод, является серая гниль, возбудитель – гриб *Botrytis cinerea* Pers. В результате проведенных исследований выявлено, что распространенность серой гнили плодов на 38 сортах малины различного географического происхождения варьировала в широких пределах – от 0,1 до 52,0 %. Оценка сортов малины летнего срока созревания на поражаемость серой гнилью плодов свидетельствует о большой изменчивости изучаемого показателя как по сортам, так и по годам в зависимости от погодных условий.

В 2021 г. первые признаки серой гнили на ягодах малины были отмечены в начале второй декады июня. В вегетационном периоде 2021 г. благоприятным для развития серой гнили был период созревания ягод, с третьей декады июня по вторую декаду июля, когда количество осадков в 1,5–2,6–1,8 раза соответственно превышало среднемноголетний уровень, а температура воздуха была на 6–4 °С выше климатической нормы. Такие условия способствовали интенсивному распространению серой гнили ягод, которая в период массового сбора (вторая декада июля) варьировала в широких пределах от 0,1 (Алая россыпь, Услада) до 30,0 % (Вольница) (табл. 1).

Таблица 1. **Распространенность серой гнили на плодах малины летнего срока созревания (коллекционный участок ягодных культур, РУП «Институт плодоводства», аг. Самохваловичи, Минский район, 2021–2023 гг., вторая декада июля)**

Сорт	Страна происхождения	Распространенность болезни, %		
		Годы исследований		
		2021	2022	2023
Аленушка	Беларусь	5,5	7,0	6,7
Двойная	»	1,3	5,0	4,0
Мядовая	»	3,0	3,0	4,3
Услада	»	0,1	1,0	0,3
Алая россыпь	Россия	0,1	0,1	5,0
Антарес	»	2,0	1,0	2,0
Бальзам	»	15,6	7,0	5,0
Бархатная	»	5,5	7,0	5,5
Беглянка	»	15,5	15,0	7,0
Бригантина	»	4,5	4,0	10,2
Вольница	»	30,0	18,0	15,5
Клеопатра	»	26,0	16,0	15,2
Лавина	»	2,0	2,0	5,0
Лель	»	7,7	5,1	6,0
Любетовская	»	12,8	11,4	10,2
Маросейка	»	20,0	16,0	6,0
Метеор	»	16,7	18,0	15,2
Награда	»	12,3	11,5	10,3
Патриция	»	15,2	5,8	3,0
Пересвет	»	10,6	12,0	5,7
Сенатор	»	17,7	52,0	15,3
Скромница	»	8,0	8,0	8,0
Спутница	»	4,0	5,0	4,0
Свирель	»	15,6	3,3	4,3
Таруса	»	1,7	1,0	2,0
Турмалин	»	2,0	1,0	1,3
Улыбка	»	16,7	10,8	10,2
Шоша	»	15,6	5,3	10,0
Яркая	»	15,8	15,2	11,0
Козачка	Украина	1,0	3,0	2,0

Окончание табл. 1

Сорт	Страна происхождения	Распространенность болезни, %		
		Годы исследований		
		2021	2022	2023
Персея	»	15,3	10,0	5,0
Саня	»	17,7	15,6	15,2
Феномен	»	2,3	1,0	5,0
Citria	Румыния	23,0	43,0	16,6
Rubin	»	5,3	1,0	2,0
Ruvi	»	2,7	2,0	2,1
Laszka	Польша	10,3	7,0	5,0
Octavia	Великобритания	1,0	1,0	3,3

На основании фитопатологической оценки коллекционных насаждений сортов малины летнего срока созревания установлено, что у большинства обследованных сортов (39,5 %, или 15 сортов) – Бальзам, Беглянка, Вольница, Клеопатра, Маросейка, Метеор, Патриция, Сенатор, Свирель, Улыбка, Шоша, Яркая, Персея, Саня, Citria – потери урожая ягод от болезни составили от 15,6 до 30,0 %. Вышеперечисленные сорта относятся к ранне- и среднеспелым, основное плодоношение которых проходило в дождливый период.

У четырех сортов малины летней (10,5 % от общего количества образцов) Любетовская, Награда, Пересвет, Laszka показатель болезни был 10,1–15,0 %; у 5 сортов (13,2 % объектов исследований) – Аленушка, Бархатная, Лель, Скромница, Rubin – потери урожая от серой гнили были в пределах 5,1–10,0 %. Пораженность ягод болезнью не превысила 5,0 % у 14 сортов малины (36,8 % об общего количества образцов): Алая россыпь, Антарес, Бригантина, Двойная, Козачка, Лавина, Мядовая, Спутница, Таруса, Турмалин, Услада, Феномен, Octavia, Ruvi.

Погодные условия первой половины вегетационного периода 2022 г. вплоть до второй декады июля характеризовались теплой погодой с осадками ниже климатической нормы, поэтому рост и созревание плодов ранне- и среднеспелых сортов малины проходило в благоприятных условиях. Сложившаяся климатическая ситуация ограничивала развитие серой гнили малины. Первые признаки поражения ягод отмечены в начале третьей декады июня. Во второй декаде июля регулярно выпадающие дожди и высокая влажность воздуха были благоприятны для массового рассеивания спор *B. cinerea*, что привело к развитию болезни на сортах раннего и среднего срока созревания. Распространенность болезни варьировала в широких пределах: от 0,1 (Алая россыпь) до 52,0 % (Сенатор). При анализе поражаемости сортов установлено, что среди обследованных сортов малины значительную часть (42,1 % обследованных образцов) составили сорта с распространенностью болезни до 5,0 %: Алая россыпь, Антарес, Бригантина, Двойная, Козачка, Лавина, Мядовая, Свирель, Спутница, Таруса, Турмалин, Услада, Феномен, Octavia, Rubin, Ruvi; у 23,7 % (9 сортов) Аленушка, Бальзам, Бархатная, Лель, Патриция, Персея, Скромница, Шоша, Laszka было поражено 5,1–10,0 % плодов. Доля сортов, пораженных на уровне 10,1–15,0 % (Беглянка, Любетовская, Награда, Пересвет, Улыбка), не превысила 13,2 %. Количество пораженных ягод в урожае более 15,0 % было выявлено у 8 (21,0 % от общего количества образцов), среди которых Вольница, Клеопатра, Маросейка, Метеор, Саня, Сенатор, Яркая, Citria.

В июне – первой половине июля 2023 г. недобор осадков на фоне повышенной температуры воздуха сдерживали развитие серой гнили на малине. Первые пораженные болезнью ягоды выявлены в конце июня. С установлением дождливой погоды и высокой влажности воздуха во второй половине июля пораженность ягод малины серой гнилью увеличилась. Половина обследованных сортов (Алая россыпь, Антарес, Бальзам, Двойная, Козачка, Лавина, Мядовая, Патриция, Персея, Свирель, Спутница, Таруса, Турмалин, Услада, Феномен, Laszka, Octavia, Rubin, Ruvi) проявили слабую восприимчивость к серой гнили – до 5,0 % пораженных плодов. Пораженность ягод на уровне 5,1–10,0 % выявлена у 8 сортов (21,0 % обследованных образцов): Аленушка, Бархатная, Беглянка, Лель, Маросейка, Пересвет, Скромница, Шоша. Распространенность серой гнили ягод в пределах от 10,1 до 15,0 % была выявлена на 5 сортах: Бригантина, Любетовская, Награда, Улыбка, Яркая, что составляет 13,2 % от всех обследованных сортов. Максимальная

распространенность болезни на малине летней в 2023 г. обнаружена на 6 сортах (15,8 % изученных сортов): Вольница, Клеопатра, Метеор, Саня, Сенатор, Citria.

Таким образом, в результате трехлетних исследований установлено, что серой гнилью поражаются все сорта малины летнего срока созревания, однако уровень распространенности болезни у них существенно варьирует. Анализ многолетней динамики распространенности данного заболевания плодов малины показал, что восприимчивость к патогену зависит от погодных условий и сроков созревания, независимо от географического происхождения сорта.

Среди изученной коллекции сортов малины летнего срока созревания не удалось выявить сорта с устойчивостью к серой гнили. Наименее восприимчивыми к *B. cinerea* во все годы наблюдений оказались 13 сортов (34,2 % от общего количества образцов): Двойная, Мядовая, Услада (Беларусь), Алая россыпь, Антарес, Лавина, Спутница, Таруса, Турмалин (Россия), Козачка, Феномен (Украина), Ruvi (Румыния), Octavia (Великобритания), у которых в годы исследований количество пораженных серой гнилью ягод не превышало 5,0 % (табл. 2). Среди них оказались сорта штамбовой малины Таруса (Россия) и Козачка (Украина), распространенность гнили ягод у которых не превышала 3,0 %.

Таблица 2. **Сортопоражаемость малины летнего срока созревания серой гнилью плодов (2021–2023 гг.), %**

Распространенность болезни			
0,1–5,0	5,1–10,0	10,1–15,0	более 15,0
Двойная, Мядовая, Услада, Алая россыпь, Антарес, Лавина, Спутница, Таруса, Турмалин, Козачка, Феномен, Ruvi, Octavia	Аленушка, Бархатная, Лель, Скромница	Любетовская, Награда	Вольница, Клеопатра, Метеор, Саня, Сенатор, Citria

Распространенность болезни на уровне 5,1–10,0 % была выявлена у четырех сортов (10,5 % от общего количества образцов), среди которых белорусский – Аленушка, российские – Бархатная, Лель, Скромница. Сорт российской селекции Скромница во все годы исследований показал одинаковую пораженность ягод – 8,0 %. Инфицирование ягод малины серой гнилью в пределах 10,1–15,0 % было отмечено на двух российских сортах – Любетовская, Награда. Самыми поражаемыми серой гнилью (более 15,0 %) в 2021–2023 гг. оказались раннеспелые сорта Клеопатра, Метеор, Сенатор и среднераннеспелые – Вольница (Россия); Саня (Украина), Citria (Румыния).

Пораженность сортов малины летнего срока созревания Бальзам, Патриция, Персея, Свирель, Улыбка, Шоша была более 15,0 % при благоприятных гидротермических условиях июня – второй декады июля 2021 г. и на уровне 10,8–3,0 % – в 2022–2023 гг., менее благоприятных для развития серой гнили плодов. У сорта Бригантина в 2021–2022 гг. пораженность ягод болезнью была невысокая (4,5–4,0 %), в то время как в 2023 г. составила 10,2 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, трехлетние исследования позволили определить потенциал устойчивости сортов малины летнего срока созревания к серой гнили плодов и выделить сорта с минимальной пораженностью ягод данным заболеванием, представляющие интерес для производственного возделывания и селекционной работы.

В результате многолетней оценки 38 сортов малины различного географического происхождения выделены сорта, у которых потери урожая ягод от серой гнили не превышали 5,0 % – Двойная, Мядовая, Услада (Беларусь), Алая россыпь, Антарес, Лавина, Спутница, Таруса, Турмалин (Россия), Козачка, Феномен (Украина), Ruvi (Румыния), Octavia (Великобритания). Данные сорта, которые могут быть использованы как источники устойчивости к серой гнили плодов для дальнейшей селекционной работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Емельянова, О. В. Технология возделывания малины разного срока созревания / О. В. Емельянова // Наше сельское хозяйство. – 2013. – № 9. – С. 100–104.

2. Сельскохозяйственные культуры [Электронный ресурс] / ФАОСТАТ – FAO, 2019. – URL: https://www.fao.org/faostat/ru#data/QC (дата обращения: 19.03.2024).

3. Куликов, И. М. Инновационные возможности повышения производства ягод малины России / И. М. Куликов, И. В. Казаков // Садоводство и виноградарство. – 2010. – № 6. – С. 14–16.

4. Криворот, А. М. Проблемы развития ягодоводства в Беларуси на современном этапе / А. М. Криворот // Перспективы развития современного ягодоводства в изменившихся климатических условиях : тез. докл. Междунар. науч. конф., (аг. Самохваловичи, 17–19 июля 2019 г.) / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2019. – С. 37–39.

5. Казаков, И. В. Возможности создания сортов малины с экологической устойчивостью к вредным организмам и биосферным загрязнениям / И. В. Казаков, С. Н. Евдокименко, В. Л. Кулагина // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ / Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства ; редкол.: И. М. Куликов (гл. ред.) [и др.]. – М., 2010. – Т. XXIV. – Ч. 2. – С. 179–186.

6. Плескацевич, Р. И. Оценка генофонда малины по устойчивости к пурпуровой пятнистости в Беларуси / Р. И. Плескацевич, Е. В. Васеха, Л. В. Фролова // Мичуринский агрономический вестник. – 2024. – № 2. – С. 31–39.

7. Микроорганизмы – возбудители болезней растений : справ. / В. И. Билай, Р. И. Гвоздяк, И. Г. Скрипаль [и др.] ; под ред. В. И. Билай / АН УССР, Ин-т микробиологии и вирусологии им. Д. К. Заболотного. – Киев : Наук. думка, 1988. – 552 с.

8. Черепанова, Н. П. Морфология и размножение грибов / Н. П. Черепанова, А. В. Тобиас. – М. : Академия, 2006. – 175 с.

9. Комардина, В. С. Контроль развития болезней малины летней моно- и двухкомпонентными фунгицидами из группы триазолов в условиях Беларуси / В. С. Комардина // Защита растений : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений ; редкол.: С. В. Сорока (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – Вып. 46. – С. 97–102.

10. Комардина, В. С. Биологический контроль серой гнили на малине / В. С. Комардина, С. И. Ярчаковская, Р. Л. Михневич // Защита растений : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений ; редкол.: С. В. Сорока (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – Вып. 46. – С. 249–254.

11. Лихачев, А. Н. Популяция *Botrytis cinerea* Pers. в Московской области / А. Н. Лихачев // Микология и фитопатология. – 1979. – Т. 13. – Вып. 2. – С. 136–139.

12. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: Е. Н. Джигадло [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.

ASSESSMENT OF GRAY MOLD SUSCEPTIBILITY IN SUMMER-FRUITING RASPBERRY CULTIVARS UNDER BELARUSIAN CONDITIONS

R. I. PLESKATSEVICH, L. V. FROLOVA

Abstract

This article presents the results of a multi-year evaluation of the raspberry genetic resource collection at the RUE ‘Institute of Fruit Growing’, comprising 38 summer-fruiting cultivars, for their susceptibility to gray mold. The research was conducted in 2021–2023 under natural infection pressure at the experimental plot of the Berry Crops Department using the standard methodology developed by VNIISPK (Orel, 1999). As a result, the most resistant cultivars of various geographical origins were identified – those with fruit yield losses not exceeding 5.0 %. These included Belarusian cultivars: Dvoynaya, Myadovaya, Uslada; Russian: Alaya Rossyp, Antares, Lavina, Sputnik, Tarusa, Turmalin; Ukrainian: Kozachka, Fenomen; Romanian: Ruvi; and British: Octavia. These cultivars may serve as valuable sources of resistance to this fungal disease for future breeding programs.

Keywords: raspberry, cultivar, disease pathogen, gray mold, resistance, Belarus.

Поступила в редакцию 10.03.2025

УДК 634.741:631.526.3(476)

АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИРГИ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Т. В. РАДКЕВИЧ, О. В. ЕМЕЛЬЯНОВА, Л. В. ФРОЛОВА

РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by

АННОТАЦИЯ

В статье приведены трехлетние результаты фенологических наблюдений и оценки основных хозяйственно-биологических показателей пяти образцов ирги. Объектами исследований являлись два вида ирги (ольхолистная и Бартрама) и три сорта ирги ольхолистной канадской селекции (Mandan, Northline, Smokey) из коллекции генетических ресурсов РУП «Институт плодоводства». Оценка проведена по общепринятым методикам. По комплексу биометрических показателей и продуктивности выделен вид ирга ольхолистная (*Amelanchier alnifolia* (Nutt.) Nutt. ex M. Roem.), у которого количество однолетнего прироста составило 26 шт., его суммарная длина – 689,0 см, степень плодоношения достигала 5 баллов, средняя масса ягоды отмечена на уровне 0,71 г, что указывает на высокую адаптивность ирги к природно-климатическим условиям Беларуси (возможность приспосабливаться к температурным колебаниям, количеству влаги и уровню освещенности в месте произрастания).

Ключевые слова: ирга ольхолистная, ирга Бартрама, фенология, биометрия, продуктивность, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Ирга (род ирга (*Amelanchier*) из подсемейства яблоневые (Maloideae) семейства розовые (Rosaceae)) – это многолетний кустарник высотой от 1 до 15 м, образующий вокруг себя поросль. Цветы белые, собранные по несколько штук в соцветия. Плоды темно-гранатовые, темно-бордовые, средняя масса – 0,5–0,8 г, диаметр – 10–15 мм (до 18 мм). Созревают во второй половине июня до начала июля и могут оставаться на кустах до самой зимы. Плоды сочные, сладкие и вкусные, они охотно поедаются птицами. Могут использоваться как для потребления в свежем виде, так и для переработки (в хлебопекарной и кондитерской промышленности), а также для производства соков, в том числе в смеси с другими плодами [1].

Ирга первоначально была декоративной культурой и широко применялась в озеленении. Из нее получается высокая труднопроходимая изгородь, которая разрастается и уплотняется за счет обильной корневой поросли. Эту особенность ирги учитывают при создании лесозащитных и снегозащитных полос, они имеют почвозащитное и противоэрозионное значение. Из стеблей ее древесины делают трости и шомпола, древесина ценится за прочность, красивый цвет и отлично полируется.

В настоящее время данная культура все шире используется в качестве культуры продовольственной. Пищевая ценность плодов ирги – это совокупность свойств, при наличии которых удовлетворяются физиологические потребности в необходимых веществах. Ее ягоды являются ценным продуктом питания, имеют особый специфический вкус. Ирга долговечна и урожайна, а ее плоды богаты фенольными соединениями, представленными лейкоантоцианами и антоцианами, катехинами, флавонолами и витаминами А, B_2 и С, микроэлементами (марганец, медь, железо, свинец, кобальт и др.). Ягоды ирги – это иммуностимулирующее, антимикробное, противоопухолевое, тонизирующее, антиоксидантное средство [2, 3]. Растениям этой культуры свойственна высокая зимостойкость и морозостойкость, засухоустойчивость, они не требовательны к почвенно-климатическим условиям, имеют отличный вкус и ежегодное плодоношение без выраженной периодичности плодов [4].

Иргу можно размножать семенами, корневой порослью, делением куста, черенками и прививкой. Размножение семенами – самое простое, но полученные саженцы проявляют расщепление потребительских свойств до 30 %, отличаясь от материнских форм величиной куста и свойствами плодов. В последние годы большинство посадочного материала производится в ла-

бораторных условиях *in vitro*. Этот метод размножения через культуру тканей позволил быстро получать посадочный материал для селекционных целей и закладки промышленных плантаций.

В настоящее время в странах Евросоюза ведется активный поиск новых экономически выгодных видов плодовых культур для промышленного возделывания. Среди таких культур отмечается ирга, которая все больше привлекает к себе внимание плодоводов. Ирга ольхолистная повсеместно возделывается в Канаде и в северных регионах США, где известна под разными названиями: Saskatoon berry, Serviceberry, Juneberry, Juneblush, Shadberry и др. Кусты ирги долговечны, товарные плантации могут расти до 25 лет и дольше. Плодоношение наступает на 3–4-й год после посадки на постоянное место. Полное плодоношение достигается на 6–8-летних плантациях, где можно собирать больше 5 т плодов с гектара [1].

Однако, несмотря на множество положительных качеств, в государственном реестре сортов сельскохозяйственных растений Беларуси ирга как культура отсутствует [5]. Необходимо многовекторное изучение различных ее видов и сортов, что позволит выделить наиболее ценные образцы для выращивания в условиях Беларуси.

В настоящее время коллекция генетических ресурсов ирги в отделе ягодных культур РУП «Институт плодоводства» представлена двумя видами – ольхолистная (*Amelanchier alnifolia* (Nutt.) Nutt. ex M. Roem.) и Бартрама (*Amelanchier bartramiana* (Tausch) M. Roem.) и рядом сортов ирги ольхолистной канадской селекции – Northline, Smoky, Mandan.

В отделе биотехнологии РУП «Институт плодоводства» введены в культуру четыре сорта ирги ольхолистной канадской селекции (Honeywood, Martin, Northline и Smoky), разработана методика микроразмножения *in vitro* и последующего выращивания сортов ирги *ex vitro*, что позволит быстро размножать единичные растения, а также получать посадочный материал собственного производства в необходимом количестве для дальнейшего внедрения в производство [6].

Цель работы – сравнительная оценка основных агробиологических показателей разных видов и сортов ирги в условиях центральной зоны плодоводства Беларуси.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на опытном участке отдела ягодных культур РУП «Институт плодоводства» в условиях центральной зоны плодоводства Республики Беларусь (аг. Самохваловичи, Минский район) в 2022–2024 гг.

Опыт был заложен в 2017 г., схема посадки – 4 × 2 м. Междурядья содержали под черным паром. Почва участка дерново-подзолистая, среднеподзоленная, подстилаемая мощным лессовидным суглинком. Основные показатели почвы: pH – 6,33; P_2O_5 – 214 мг/кг; K_2O – 106 мг/кг; гидролитическая кислотность – 0,88 мг-экв/100 г; сумма поглощенных оснований – 15,18 мг-экв/100 г.

Объектом исследования являлись два вида ирги (ольхолистная и Бартрама) и три сорта ирги ольхолистной (Mandan, Northline, Smokey) (табл. 1) [7]. Данные образцы были оценены по степени зимостойкости и плодоношения, проведены фенологические наблюдения и учеты по основным показателям биометрии растений.

Изучение основных хозяйственно-биологических показателей проводили согласно общепринятой «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Орёл, 1999) [8]. Оценку степени плодоношения изучаемых образцов ирги выполняли по шкале Каппера в баллах.

Статистическая обработка результатов изучения проведена с применением программного обеспечения STATISTICA 6.0, используя ANOVA, однофакторный дисперсионный анализ, критерий Дункана ($p < 0,05$) для сравнения средних значений ($n = 3$) [9].

Погодные условия в зимний период 2022–2023 гг. были на уровне среднемноголетних наблюдений, с чередованием оттепельного и морозного периодов. Осадки наблюдали в виде дождя и мокрого снега, 25 февраля выпала половина декадной нормы (9 и 13 мм соответственно). Подобная погода, без критических перепадов температуры воздуха с достаточным количеством осадков, сохранилась и в начале весны. Осадки выпадали часто в виде снега, мокрого снега и дождя, 4 и 10 марта наблюдали метель. В апреле зафиксировано преобладание повышенного тем-

Таблица 1. **Характеристика изучаемых сортов ирги ольхолистной (по Куклиной, 2007)**

Сорт	Вид, на основе которого создан сорт	Характеристика растения
Mandan	Ирга ольхолистная (*Amelanchier alnifolia*)	Куст сильнорослый. Листья плотные, эллиптические. Цветение обильное, соцветия густые, состоят из 11 цветков. Плоды крупные (16 мм в диаметре), сочные, округлые, слегка приплюснутые. Вкус плодов сладкий, срок созревания поздний
Northline		Куст многоствольный. Листья крупные, эллиптические. В соцветии 8–14 цветков. Плоды крупные (16 мм в диаметре), очень хорошего вкуса, не растрескиваются в зрелом состоянии
Smoky		Куст многоствольный. Листья плотные с крупными зубцами по краю, в соцветии 8–12 цветков. Плоды крупные (14–16 мм в диаметре), овальные, среднего размера. Вкус сладкий с приятным мягким ароматом. Сорт пригоден для механизированной уборки

пературного режима и недостаточного количества осадков, в мае – неустойчивый температурный режим и дефицит осадков. Самая низкая температура воздуха за этот период была 8 мая (–3,6 °С), самая высокая – 15 мая (+25,1 °С). В летний период наблюдали неравномерное выпадение осадков по месяцам. Погода июня характеризовалась повышенным температурным режимом и достаточным количеством осадков. В июле погодные условия характеризовались пониженной температурой воздуха и избытком осадков. Фактическая средняя температура воздуха составила +18,3 °С, отклонение от нормы: –0,8 °С. При норме суммы осадков 97 мм за месяц выпало 149 мм, или 154 % от нормы. В августе преобладал повышенный температурный режим и недостаточное количество осадков. Среднесуточная температура воздуха выше климатической нормы на 5,0–7,0 °С. Подобные погодные условия сохранились и в начале осени.

Погодные условия в зимний период 2023–2024 гг. отличались частыми оттепелями. Погода в начале весны характеризовалась преобладанием повышенного температурного режима. Отмечен дефицит осадков: выпало 11 мм, или 27 % от нормы. Повышенный температурный режим сохранился и в апреле. Фактическая температура месяца по данным наблюдений составила +9,1 °С, что на +1,5 °С выше нормы. Осадков выпало 111 мм, что составляет 258 % от нормы. В мае выпало 54 мм осадков (82 % от нормы). Самая низкая температура воздуха (–2,3 °С) зафиксирована 8 мая, самая высокая (+28,6 °С) – 29 мая. Продолжение вегетационного периода коллекционных растений проходило в условиях климатической нормы температуры воздуха или ее отклонения до +1,1 °С с повышенным увлажнением в июне, июле и недостаточным – в августе. Температурный рекорд установлен 13 июля – воздух прогрелся до +35,2 °С. Погодные условия с повышенным температурным режимом сохранились и в осенний период. Данные погодные условия способствовали уменьшению размера ягод в этом году.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Зимние повреждения многолетних растений наносят значительный ущерб продуктивности и долговечности садов, вызывая большие материальные убытки. Ирга – очень зимостойкая культура, она без видимых повреждений переносит температуры до –40…–50 °С. При этом она прекрасно себя чувствует как в Средней Азии, так и в Западной Сибири [10]. За весь период изучения не было отмечено зимних повреждений у изучаемых сортов и видов.

Результаты проведенных наблюдений показали, что сроки прохождения фенологических фаз у видов и сортов ирги зависят от комплекса метеорологических условий года и продолжительности светового дня. Как и большинство видов растений, ирга выходит из состояния покоя после накопления определенной суммы положительных температур [11]. Учет суммы температуры позволил определить необходимое ее количество для наступления той или иной фенологической фазы (табл. 2).

В целом фенофазы ирги, в зависимости от метеорологических условий года, распределялись следующим образом: начало вегетации и распускание почек приходится на конец марта – середи-

ну апреля при достижении суммы положительных температур 144,0–254,6 °С, фаза начала цветения – конец апреля – середина мая (379,0–587,3 °С), начала созревания плодов – конец июня – середина июля (1244,7–1865,7 °С), листопад – середина октября – конец ноября (3189,7–3624,1 °С). Наиболее ранние сроки прохождения фенологических фаз отмечены у сорта Northline.

Таблица 2. **Особенности прохождения фенологических фаз у видов и сортов ирги (2022–2024 гг.)**

Наименование образца	Год	Начало вегетации	Σ*t*	Начало цветения	Σ*t*	Начало созревания	Σ*t*	Листопад	Σ*t*
Ирга ольхолистная	2022	15.04	244,3	20.05	572,3	21.07	1657,6	16.11	3208,0
	2023	13.04	208,7	06.05	425,1	13.07	1761,1	11.10	3345,1
	2024	27.03	144,0	22.04	389,0	23.06	1335,3	21.11	3599,3
Mandan	2022	17.04	254,6	21.05	587,3	26.07	1761,1	18.11	3238,6
	2023	16.04	230,2	08.05	488,9	18.07	1865,7	14.10	3380,1
	2024	31.03	176,1	28.04	440,9	26.06	1392,9	24.11	3624,1
Northline	2022	13.04	225,8	17.05	532,9	17.07	1586,9	13.11	3189,7
	2023	11.04	189,2	04.05	413,5	12.07	1740,2	08.10	3328,5
	2024	27.03	144,0	20.04	379,0	18.06	1244,7	18.11	3383,4
Smoky	2022	15.04	244,3	19.05	554,4	24.07	1723,0	16.11	3208,0
	2023	12.04	201,2	06.05	425,1	15.07	1800,5	10.10	3338,4
	2024	29.03	161,0	25.04	406,9	24.06	1352,4	22.11	3606,9
Ирга Бартрама	2022	15.04	244,3	18.05	542,8	22.07	1679,7	17.11	3208,0
	2023	14.04	218,2	05.05	420,0	12.07	1740,2	13.10	3366,1
	2024	28.03	151,5	22.04	389,0	19.06	1265,7	23.11	3617,0

Особенностью ирги является плодоношение на годичных приростах, поэтому соответствие периода активного роста наиболее благоприятным метеорологическим условиям способствует полной реализации ростовых процессов, что положительно сказывается на величине урожая.

В наших исследованиях высота деревьев у изучаемых образцов ирги варьировала в пределах 2,6–3,0 м, диаметр штамба – 2,6–5,3 см (табл. 3). Максимальные биометрические показатели были отмечены у сорта Mandan: высота дерева – 3,0 м, диаметр штамба дерева – 5,3 см. Длина однолетнего прироста составляла 22,6–30,8 см, количество – 14–26 шт. соответственно. Суммарная длина однолетнего прироста находилась в пределах 401,8–689,0 см. Максимум суммарной длины однолетнего прироста был получен у ирги ольхолистной (689,0 см).

Максимальный прирост побегов наблюдался в первые 30–45 дней с начала их роста. После периода активного роста побегов интенсивность прироста снижалась, затем и вовсе прекращалась. Полное прекращение роста побегов отмечалось за 5–7 дней до начала созревания первых ягод, что обусловлено направлением питательных веществ растением на формирование плодов [12].

Таблица 3. **Биометрические показатели и продуктивность ирги (2022–2024 гг.)**

Название образца	Высота деревьев, м	Диаметр штамба дерева, см	Однолетний прирост			Степень плодоношения, балл	Средняя масса ягоды, г
			длина, см	количество, шт.	суммарная длина, см		
Ирга ольхолистная	$2{,}6^{a}$	$4{,}5^{a}$	$26{,}5^{a}$	26^{b}	$689{,}0^{a}$	5^{a}	$0{,}71^{a}$
Mandan	$3{,}0^{b}$	$5{,}3^{b}$	$30{,}8^{b}$	20^{a}	$616{,}0^{b}$	4^{a}	$0{,}60^{a}$
Northline	$2{,}8^{c}$	$2{,}9^{c}$	$28{,}7^{c}$	14^{c}	$401{,}8^{c}$	4^{a}	$0{,}56^{a}$
Smoky	$2{,}7^{a}$	$3{,}1^{d}$	$26{,}5^{a}$	18^{d}	$477{,}0^{de}$	4^{a}	$0{,}55^{a}$
Ирга Бартрама	$2{,}9^{d}$	$2{,}6^{e}$	$22{,}6^{d}$	20^{a}	$458{,}8E$	4^{a}	$0{,}54^{b}$

Примечание. Различия между данными с одинаковыми буквами статистически незначимы при анализе по строкам ($p < 0{,}05$).

Степень плодоношения у исследуемых образцов отмечена на уровне 4–5 баллов. Максимальная продуктивность в годы исследований отмечалась у ирги ольхолистной – 5 баллов.

Наблюдающаяся в годы исследований засушливая погода в период формирования плодов негативно влияла на их массу. В результате проведенных исследований было установлено, что средняя масса ягоды составляла 0,54–0,71 г. Максимальное значение данного показателя было отмечено у ирги ольхолистной (0,71 г) и у сорта Mandan (0,60 г), минимальное – у ирги Бартрама (0,54 г).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Культура ирги является перспективной для выращивания в условиях центральной зоны плодоводства Беларуси. Изучение различных видов и сортов ирги позволило выделить наиболее ценные образцы по комплексу хозяйственно-биологических показателей.

Наиболее ранние сроки прохождения фенологических фаз наблюдались у сорта канадской селекции Northline. Интродуцированный сорт Mandan отмечен как самый высокорослый (3,0 м) с максимальным диаметром штамба (5,3 см) и наибольшей длиной однолетнего прироста (30,8 см) среди всех изученных образцов.

По комплексу биометрических показателей и продуктивности выделен вид ирга ольхолистная (*Amelanchier alnifolia*), у которого количество однолетнего прироста составило 26 шт., его суммарная длина – 689,0 см, степень плодоношения достигала 5 баллов, средняя масса ягоды отмечена на уровне 0,71 г.

Культура ирги имеет высокую адаптивность к природно-климатическим условиям Беларуси.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Емельянова, О. В. Ирга ольхолистная: перспективы в промышленном садоводстве / О. В. Емельянова, И. Н. Остапчук // Наше сельское хозяйство. – 2018. – № 3. – С. 98–102.

2. Бурмистров, Л. А. Адаптивный потенциал интродуцированных сортов ирги (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) в условиях северо-запада России / Л. А. Бурмистров // Состояние и перспективы развития нетрадиционных садовых культур : материалы междунар. науч.-метод. конф., г. Мичуринск, 12–14 авг. 2003 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т садоводства им. И. В. Мичурина (ВНИИС) ; редкол.: В. А. Гудковский [и др.]. – Воронеж, 2003. – С. 127–130.

3. Хромов, Н. В. Особенности промышленного возделывания ирги в условиях Тамбовской области / Н. В. Хромов // Плоды и овощи – основа структуры здорового питания человека : материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Мичуринск, 7–8 сент. 2012 г. / редкол.: А. Я. Дубовик [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гудковского [и др.]. – Мичуринск-наукоград РФ, 2012. – С. 231–234.

4. Куклина, А. Г. Жимолость, ирга. Пособие для садоводов-любителей / А. Г. Куклина. – М. : Ниола-Пресс : Юнион-паблик, 2007. – 240 с.

5. Сорта плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда, включенные в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений и находящиеся на испытании в Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений / Ин-т плодоводства ; отв. за вып. В. В. Васеха. – Самохваловичи : [б. и.], 2024. – 32 с.

6. Ирга / М. С. Кастрицкая, Н. В. Кухарчик, И. Н. Остапчук, И. А. Пивоварчик // Размножение плодовых, ягодных растений, винограда и хмеля в культуре *in vitro* / Н. В. Кухарчик, М. С. Кастрицкая, Е. В. Колбанова [и др.] ; под общ. ред. Н. В. Кухарчик. – Минск, 2021. – Гл. 12.4. – С. 280–286.

7. Ренгартен, Г. А. Интродукция и селекция ирги в России и за рубежом / Г. А. Ренгартен // Биотехнология и селекция растений. – 2023. – Т. 6, № 2. – С. 27–36.

8. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: Е. Н. Джигадло [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.

9. Халафян, А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных : учеб. / А. А. Халафян. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Бином, 2010. – 522 с.

10. Хромов, Н. В. Оценка видов ирги по хозяйственно-биологическим признакам / Н. В. Хромов // Научные основы эффективного садоводства : тр. Всерос. науч.-исслед. ин-та садоводства им. И. В. Мичурина / Всерос. науч.-исслед. ин-т садоводства им. И. В. Мичурина ; редкол.: О. С. Акулова [и др.] ; под общ. ред. В. А. Гудковского. – Воронеж, 2006. – С. 403–409.

11. Хромов, Н. В. Оценка генофонда ирги по хозяйственно-биологическим признакам и технология размножения в условиях Тамбовской области : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.05 / Хромов Николай Владимирович ; Мичур. гос. аграр. ун-т. – Мичуринск, 2007. – 23 с.

12. Хромов, Н. В. Особенности динамики роста побегов ирги / Н. В. Хромов // Сады России. – 2010. – № 8. – С. 51–53.

AGROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SERVICEBERRY UNDER CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

T. V. RADKEVICH, O. V. EMELYANOVA, L. V. FROLOVA

Abstract

This article presents three-year results of phenological observations and the evaluation of key agronomic and biological traits of five serviceberry accessions. The study included two species – alder-leaved serviceberry (*Amelanchier alnifolia*) and Bartram's serviceberry – as well as three cultivars of *A. alnifolia* of Canadian origin (Mandan, Northline, Smokey) from the genetic resource collection of the RUE 'Institute of Fruit Growing'. Evaluations were carried out according to standard methodologies. Based on a combination of biometric traits and productivity, *Amelanchier alnifolia* was identified as the most promising. It produced 26 one-year shoots with a total length of 689.0 cm, a fruiting score of 5 points, and an average berry weight of 0.71 g, indicating high adaptability to the natural and climatic conditions of Belarus (resilience to temperature fluctuations, moisture levels, and light availability at the growing site).

Keywords: Amelanchier alnifolia, Bartram's serviceberry, phenology, biometrics, productivity, Belarus.

Поступила в редакцию 03.01.2025

УДК 634.737:632.4(476)

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ И ВРЕДОНОСНОСТЬ СЕРОЙ ГНИЛИ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ В БЕЛАРУСИ

Е. В. ВАСЕХА

РУП «Институт защиты растений»,
ул. Мира, 2, аг. Прилуки, Минский район, 223011, Беларусь,
e-mail: ekaterina_lesik@tut.by

АННОТАЦИЯ

В статье представлены данные исследований, проведенных в 2021–2024 гг., по оценке распространенности серой гнили в промышленных насаждениях голубики высокорослой. Определено, что существенное влияние на поражение генеративных органов оказывают погодные условия во время цветения и созревания ягод, сортовые особенности культуры и проводимые защитные мероприятия. Выявлена дифференциация сортов голубики высокорослой разных сроков созревания по поражаемости серой гнилью. Определено, что среди среднеспелых сортов в большей степени поражались Bluecrop, Bluegold, Nelson, раннеспелых – Patriot. Рассчитаны суммарные потери урожая ягод голубики от серой гнили в период вегетации.

Ключевые слова: голубика высокорослая, серая гниль, *Botrytis cinerea*, поражаемость сорта, потери урожая.

ВВЕДЕНИЕ

В Беларуси возрастает интерес к возделыванию интродуцированных ягодных культур, среди которых широкое распространение в промышленном и приусадебном садоводстве получила голубика высокорослая (*Vaccinium corymbosum* L.). За последнее десятилетие в республике произошло существенное увеличение площадей под посадками данной культуры, чему способствуют благоприятные почвенно-климатические условия для ее выращивания, а также высокий спрос на свежие ягоды, характеризующиеся хорошими вкусовыми, диетическими и лекарственными свойствами. При соблюдении технологии возделывания с использованием адаптивных высокопродуктивных сортов голубики высокорослой в наших условиях можно получать урожай ягод 5 т/га и более. Однако потенциал продуктивности культуры не всегда реализуется из-за неблагоприятного воздействия абиотических (возвратные заморозки, град, дефицит осадков в период закладки генеративных почек и др.) и биотических (болезни, вредители) факторов [1, 2].

Анализ литературных источников показал, что если ранее в течение многих лет растения голубики считались устойчивыми или толерантными к болезням, то на сегодняшний день при промышленном возделывании культуры вопросы ее защиты от болезней становятся все более актуальными. По данным многих исследователей в насаждениях голубики наиболее распространенными являются болезни грибной этиологии [3–5].

В работах отечественных авторов описано более 70 фитопатогенов на растениях голубики разных ботанических видов, в то же время на голубике высокорослой к экономически значимым отнесено 15 видов грибов, которые ежегодно являются причиной снижения ее продуктивности [6–9].

Анализ литературных источников показал, что серая гниль относится к широко распространенным болезням голубики, вредоносность которой различается в зависимости от региона, сортового состава и погодных условий [8, 10]. Возбудитель болезни – гриб *Botrytis cinerea* Pers. – космополитный вид, поражающий более 200 видов растений, включая многие сельскохозяйственные культуры [11]. На голубике высокорослой патоген поражает практически все части растения (побеги, листья, цветки, ягоды), что приводит к прямым потерям урожая текущего года и снижению закладки плодовых почек на следующий сезон. Оптимальными условиями для заражения растений являются высокая влажность (выше 95 %) и умеренная температура воздуха (+15…+20 °С) [5, 10]. При таких условиях суммарные потери урожая в результате поражения соцветий и ягод могут достигать 30–40 % [12]. По данным многих зарубежных исследователей, вредоносность серой гнили усиливается при поражении ягод в послеуборочный период, когда наблюдается их загнивание во время транспортировки и реализации [12–14].

С целью минимизации потерь урожая от серой гнили во многих странах разработаны рекомендации по защите голубики от болезни, включающие как агротехнические, так и химические мероприятия [15–17].

В литературе очень мало сведений об устойчивости различных сортов голубики высокорослой к серой гнили. По данным зарубежных авторов, на поражаемость цветков грибом *B. cinerea* оказывают влияние некоторые фенологические и морфологические особенности сорта, такие как сроки цветения и скорость прохождения фенофаз, длительность сохранения лепестков на растениях после окончания цветения и др. [12, 14].

В работах отечественных авторов, посвященных изучению видового состава патогенных грибов в промышленных посадках голубики высокорослой, возбудитель серой гнили упоминается как широко распространенный вид, однако детальных исследований по изучению распространенности болезни и оценке ее вредоносности в условиях нашей республики не проводилось.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в промышленных плодоносящих насаждениях голубики высокорослой Брестской и Минской области: в 2021 г. – ОАО «Полесские журавины» Пинского района, 2012–2013 г. посадки; 2022 г. – КФХ «Ягодное лукошко» Ганцевичского района, 2014 г. посадки; 2023–2024 гг. – СХФ «Клецкий» ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» Клецкого района, 2018 г. посадки.

Объектами исследований являлись сорта голубики высокорослой разного срока созревания: раннеспелые (Duke, Patriot, Bluetta), среднеспелые (Bluecrop, Bluegold, Denise Blue, Nelson) и позднеспелые (Elizabeth, Elliot).

Фитосанитарные наблюдения осуществляли в следующие фенологические фазы развития культуры: бутонизация – цветение, опадение лепестков, рост и созревание ягод на фоне проводимой в насаждениях системы защитных мероприятий. Учеты распространенности серой гнили на голубике осуществляли согласно рекомендациям H. Bryk, изложенным в «Metodyka prowadzenia obzerwacji występowania szarej pleśni borówki wysokiej (*Botrytis cinerea*)» [18]. До цветения оценивали количество пораженных побегов в четырех пробах из 25 побегов, отобранных в разных точках плантации. Учеты распространенности серой гнили на соцветиях проводили в фенофазе опадения лепестков, на ягодах – в период их созревания, на листьях – после сбора урожая. Для этого просматривали по 100 учетных органов в четырех местах плантации и определяли количество здоровых и пораженных болезнью.

Распространенность болезни (P) рассчитывали по общепринятой формуле:

$$P = \frac{n \times 100}{N},$$

где P – распространенность болезни, %; n – количество пораженных органов (растений) в пробе; N – общее количество проб (растений) [19].

Оценку вредоносности серой гнили на голубике высокорослой осуществляли в условиях полевого мелкоделяночного опыта, где определяли суммарные потери урожая ягод в вариантах опыта с проведением защитных мероприятий и без обработок (контроль). Повторность опыта – четырехкратная, размер опытной делянки – 5 кустов. Химические обработки проводили двукратно фунгицидом Серкадис Плюс, КС (флуксапироксад, 75 г/л + дифеноконазол, 50 г/л) в норме расхода 0,6 л/га в фенофазе голубики «начало цветения» и «опадение лепестков», когда наблюдались благоприятные погодные условия для заражения серой гнилью. Учеты выполняли на трех центральных кустах делянки во время роста и созревания ягод. На каждом растении просматривали по 300 ягод и определяли количество пораженных в кроне и падалице. Данные всех учетов суммировали и рассчитывали общее количество пораженных серой гнилью ягод.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных в 2021–2024 гг. обследований промышленных насаждений голубики высокорослой разного сортового состава было установлено, что серая гниль (возбудитель –

гриб *Botrytis cinerea* Pers.) встречалась ежегодно во всех насаждениях, при этом развитие болезни в разной степени отмечалось как на вегетативных (побеги, листья), так и генеративных (соцветия, ягоды) органах растений (рис. 1).

а *б* *в*

г *д* *е*

Рис. 1. Симптомы серой гнили на голубике высокорослой:
а, б, в – поражение побегов и листьев; *г, д, е* – поражение соцветий и ягод

Первые признаки серой гнили проявлялись весной в виде побурения и искривления верхушек молодых неодревесневших побегов. Поскольку пораженные побеги являются источником первичного заражения цветков, ранневесенний мониторинг насаждений позволяет оценить распространенность болезни с целью дальнейшего планирования системы защитных мероприятий. Анализ данных четырехлетних наблюдений показал, что в обследуемых насаждениях распространенность серой гнили на побегах голубики была невысокой и составила 0,2–7,0 % (см. таблицу). Во время цветения отмечалось поражение отдельных цветков, а максимальное количество пораженных соцветий наблюдалось в период опадения лепестков.

Распространенность серой гнили на голубике высокорослой в условиях Беларуси (маршрутные обследования, промышленные насаждения, 2021–2024 гг.), %

Сорт (срок созревания)	Год	Распространенность болезни			
		побеги	соцветия	ягоды	листья
Раннеспелые сорта					
Duke	2022	2,1	3,6	1,6	15,0
	2023	1,4	**5,2**	2,8	3,0
	2024	2,0	1,0	2,5	3,7
Patriot	2021	2,8	**5,4**	**5,2**	11,0
	2023	2,6	**9,3**	**3,8**	8,0
	2024	1,3	1,3	**3,0**	7,4
Bluetta	2022	0,4	0,8	1,6	3,4

Окончание таблицы

Сорт (срок созревания)	Год	Распространенность болезни			
		побеги	соцветия	ягоды	листья
Среднеспелые сорта					
Bluecrop	2021	2,4	3,2	**3,5**	3,0
	2022	3,3	4,5	**4,8**	2,1
	2023	7,0	**10,4**	**4,0**	4,7
	2024	5,0	**10,0**	**3,0**	6,5
Bluegold	2022	2,4	**11,2**	**5,2**	10,0
Nelson	2021	1,4	3,4	**3,3**	2,8
	2022	2,6	3,2	**5,0**	2,7
Denise Blue	2023	1,8	1,2	1,2	0,5
	2024	2,0	0,2	0,3	4,6
Позднеспелые сорта					
Elizabeth	2021	1,2	3,0	2,2	3,5
	2022	0,8	4,0	1,2	3,0
Elliot	2022	0,2	0,4	0,2	1,0

Примечание. Учеты распространенности болезни на ягодах проведены во время основного сбора урожая (июль – август).

В условиях Беларуси поражение серой гнилью генеративных органов голубики высокорослой на сортах разной группы спелости варьировало от 0,2 до 11,2 % – на соцветиях и 0,2–5,2 % – на ягодах, что было связано с различием погодных условий и проводимых защитных мероприятий во время цветения и созревания ягод, а также восприимчивостью сорта к болезни. По данным польских исследователей поражение более 5,0 % соцветий голубики свидетельствует о целесообразности проведения защитных мероприятий для контроля серой гнили на ягодах, поскольку при поражении 3,0 % зрелых ягод в период сбора их длительное хранение не рекомендуется [15].

В 2021–2022 гг. наблюдения за развитием серой гнили осуществляли в промышленных насаждениях голубики высокорослой южной части республики на фоне проводимых защитных мероприятий. В вегетационном сезоне 2021 г. оптимальные условия (умеренно теплая и влажная погода) для развития возбудителя серой гнили сложились во второй декаде мая – во время цветения ранних сортов голубики. При этом максимальное количество пораженных соцветий (5,4 %) было отмечено на раннем сорте Patriot, а на средне- и позднеспелых сортах данный показатель не превышал 3,4 %. На фоне избыточного увлажнения в период созревания ягод на большинстве сортов поражение серой гнилью составило более 3,0 %.

В 2022 г. в южном регионе республики цветение ранних сортов голубики также началось в середине мая, однако на фоне холодной погоды с дефицитом осадков поражение соцветий не превысило 3,6 %. Наиболее благоприятные условия для инфицирования цветков грибом *B. cinerea* сложились в конце месяца, что совпало с массовым цветением среднеспелых и началом цветения позднеспелых сортов голубики. При этом наиболее восприимчивым оказался среднеспелый сорт Bluegold (11,2 %), наиболее устойчивым – позднеспелый Elliot (0,4 %). В июле во время созревания ягод ранне- и среднеспелых сортов прохладная и дождливая погода способствовала развитию серой гнили. При этом количество пораженных ягод составило до 1,6 и 5,2 % соответственно. В то же время на фоне дефицита осадков в августе позднеспелые сорта голубики поразились в меньшей степени (0,2–1,2 %).

В 2023–2024 гг. исследования продолжили в насаждениях голубики высокорослой в хозяйстве СХФ «Клецкий» ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» в центральной части республики на фоне минимального проведения защитных мероприятий. Погодные условия вегетационного периода различались по годам наблюдений, что повлияло на развитие серой гнили.

В 2023 г. во второй декаде мая во время цветения голубики теплая погода в сочетании с высокой влажностью воздуха (выше 90 %) на протяжении нескольких дней способствовала развитию серой гнили на соцветиях. При отсутствии профилактических обработок практически на всех сортах отмечено более 5,0 % пораженных соцветий с максимальным значением 10,4 %

на сорте Bluecrop. В 2024 г. начало цветения ранних сортов (Duke, Patriot) отмечали уже 7 мая, а массовое цветение – в середине месяца. Наиболее благоприятные условия для развития серой гнили сложились только в третьей декаде мая, когда на большинстве ранних сортов уже отмечалось опадение лепестков, в связи с чем распространенность болезни на соцветиях была ниже по сравнению с предыдущим годом.

На поражение ягод возбудителем серой гнили существенное влияние оказывали погодные условия и сортовые особенности. В условиях прохладной и влажной погоды во время созревания ягод в течение двух лет наблюдений максимальное поражение серой гнилью отмечали у сортов Patriot (до 3,8 %) и Bluecrop (до 4,0 %), в меньшей степени поражались Duke (до 2,8 %) и Denise Blue (до 1,2 %).

В результате четырехлетних наблюдений не было выявлено четкой зависимости между поражением серой гнилью генеративных органов и развитием болезни на листьях. В разрезе сортов распространенность болезни существенно варьировала по годам исследований, что на наш взгляд было связано с различием погодных условий.

Оценку вредоносности серой гнили проводили в 2022 г., когда наблюдались благоприятные погодные условия для развития возбудителя болезни, на сорте голубики Bluecrop, который широко возделывается в промышленных насаждениях республики. Поскольку показатель распространенности болезни во время созревания ягод не отражает полные потери урожая, был заложен полевой опыт, где в вариантах с фунгицидной защитой и без обработок рассчитывали поражение ягод на каждом этапе – с периода их образования до периода созревания.

Анализ полученных данных показал, что при благоприятных погодных условиях первичное поражение ягод голубики серой гнилью отмечалось уже во время роста завязей, а дальнейшая динамика развития болезни на зеленых и зрелых ягодах определялась погодными условиями во время их роста и созревания.

Установлено, что при отсутствии фунгицидных обработок против серой гнили количество пораженных завязей в конце июня составило 1,8 %, а на фоне теплой и влажной погоды к фенофазе начала окрашивания ягод оно увеличилось в 2,4 раза (рис. 2). Во время созревания ягод на фоне жаркой и сухой погоды их поражение было невысоким. Таким образом, при отсутствии защитных мероприятий против серой гнили суммарные потери урожая ягод составили 6,7 %.

Проведение защитных мероприятий в фенофазы, уязвимые для заражения серой гнилью, позволило уменьшить количество пораженных ягод. В результате двукратной обработки двухкомпонентным фунгицидом Серкадис Плюс, СК общие потери урожая за период роста и созревания ягод не превысили 2,8 %. Таким образом, двукратное опрыскивание насаждений голубики высокорослой было эффективным против серой гнили и способствовало сохранению урожая ягод.

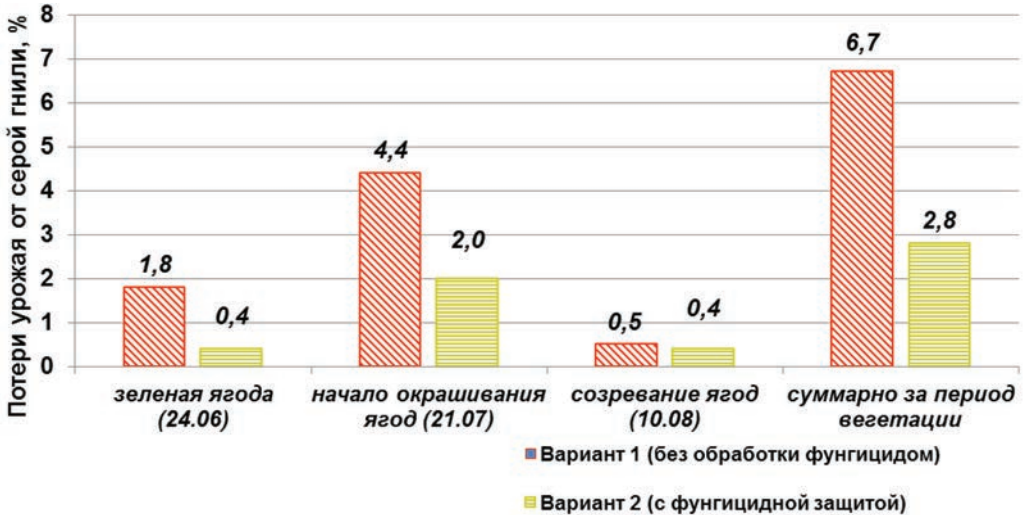


Рис. 2. Потери урожая ягод голубики высокорослой от серой гнили в период вегетации (полевой опыт, КФХ «Ягодное лукошко», Ганцевичский район, сорт Bluecrop, 2022 г.)

ВЫВОДЫ

Таким образом, обобщая данные маршрутных обследований промышленных насаждений голубики высокорослой Брестской и Минской областей в 2021–2024 гг., установлена повсеместная встречаемость серой гнили, распространенность которой на вегетативных органах (побеги, листья) достигала 7,0 и 15,0 %, а поражение соцветий и ягод – 11,2 и 5,2 % соответственно.

Определено, что в насаждениях голубики высокорослой с ежегодным проведением защитных мероприятий против болезней, существенное влияние на распространенность серой гнили на сортах разного срока созревания оказывают погодные условия в период цветения и созревания ягод, при этом максимальное поражение отмечали у среднеспелых сортов Bluecrop, Nelson, Bluegold, в то время как сорта раннего (Duke) и позднего сроков созревания (Elizabeth, Elliot) поражались в меньшей степени. В насаждениях голубики, где защитные мероприятия практически отсутствуют, распространенность болезни существенно варьирует в зависимости от восприимчивости сорта. Наименее поражаемым оказался сорт Denise Blue.

Установлено, что поражение ягод голубики высокорослой возбудителем серой гнили грибом *B. cinerea* приводит к прямым потерям урожая, которые на сорте Bluecrop при отсутствии фунгицидных обработок достигают 6,7 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Титок, В. В. Голубика высокорослая – инновационная культура премиум-класса / В. В. Титок, А. А. Веевник, Н. Б. Павловский // Наука и инновации. – 2012. – № 6. – С. 40–43.

2. Павловский, Н. Б. Плодоношение сортов голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) в Беларуси / Н. Б. Павловский // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. – 2018. – Т. 63, № 4. – С. 486–499.

3. Piencek, W. The evaluation of infection caused by different fungi species of highbush blueberry plants grown on selected commercial plantations located in central Poland / W. Piencek, W. Kukuła // Annals of Warsaw University of Life sciences – SGGW, Horticulture and Landscape Architecture. – 2020. – Vol. 41. – P. 51–62.

4. Kwiatkowska, J. Micromycetes on highbush blueberry *Vaccinium corymbosum* L. leaves / J. Kwiatkowska // Acta Mycologica. – 2023. – Vol. 58. – P. 1–6.

5. *Botrytis* blight / prep. by: P. R. Bristow, R. D. Milholland // Compendium of blueberry and cranberry diseases / The American Phytopathological Society ; ed. F. L. Caruso, D. C. Ramsdell. – St. Paul, 1995. – P. 8–9.

6. Комплекс патогенных грибов в молодых посадках *Vaccinium angustifolium* Ait. в Белорусском Поозерье / Н. А. Галынская, В. А. Ярмолович, О. В. Морозов, Д. В. Гордей // Труды БГТУ. – 2011. – № 1. Лесное хозяйство. – С. 224–228.

7. Галынская, Н. А. Видовой состав патогенных грибов на голубике высокорослой в Беларуси / Н. А. Галынская // Труды БГТУ. Серія 1, Лесное хозяйство. – 2007. – Вып. 15. – С. 210–213.

8. Галынская, Н. А. Устойчивость сортов голубики к болезням и вредителям в разных зонах выращивания / Н. А. Галынская // Современные направления деятельности ботанических садов и держателей ботанических коллекций по сохранению биоразнообразия растительного мира : материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения акад. Н. В. Смольского, г. Минск, 27–29 сент. 2005 г. / ЦБС НАН Беларуси ; редкол.: В. Н. Решетников (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2005. – С. 260–263.

9. Плескацевич, Р. И. Наиболее распространенные болезни в плодоносящих насаждениях голубики высокой / Р. И. Плескацевич, Е. Е. Берлинчик // Голубиководство в Беларуси: итоги и перспективы : материалы Респ. науч.-практ. конф., 17 авг. 2012 г. / ЦБС НАН Беларуси ; редкол.: В. В. Титок [и др.]. – Минск, 2012. – С. 49–53.

10. Metodyka integrowanej ochrony borówki wysokej dla producentów / Inst. Ogrodnictwa ; pod red. H. Bryk. – Scierniewice, 2013. – 35 s.

11. Population structure and temporal maintenance of the multi-host fungal pathogen *Botrytis cinerea*: causes and implications for disease management / A. S. Walker, P. Gladieux, V. Decognet [et al.] // Environmental Microbiology. – 2015. – Vol. 17 (4). – P. 1261–1274.

12. Managing fruit rot diseases of *Vaccinium corymbosum* / K. A. Neugebauer, C. Mattupalli, M. Hu [et al.] // Frontiers in Plant Science. – 2024. – Vol. 15. – P. 1–19.

13. Main diseases in postharvest blueberries, conventional and eco-friendly control methods: a review / S. R. Bell, L. G. H. Montiel, R. R. G. Estrada, P. G. Martínez // LWT – Food Science and Technology. – 2021. – Vol. 149. – P. 1–19.

14. Rivera, S. A. Determination of optimal sulfur dioxide time and concentration product for postharvest control of gray mold of blueberry fruit / S. A. Rivera, J. P. Zoffoli, B. A. Latorre // Postharvest Biology and Technology. – 2013. – Vol. 83. – P. 40–46.

15. Poradnik sygnalizatora ochrony borówki wysokiej / Inst. Ogrodnictwa ; M. Cieślińska, H. Głos, M. Kałużna [i in.] ; red. M. Tartanus. – Skierniewice : Inst. Ogrodnictwa, 2017. – 121 s.

16. Program ochrony roslin jagodowych 2022 / ed. P. Krawiec. – Warszawa : Oikos Sp. z o.o., 2022. – 169 s.

17. Commercial blueberry pest control recommendations for New Jersey / B. Y. Ferguson, P. Oudemans, G. Pavlis, C. Rodriguez-Saona ; ed. T. Becançon. – New Jersey : Rutgers, The State University of New Jersey, 2024. – 45 p.

18. Bryk, H. Metodyka prowadzenia obzerwacji występowania szarej pleśni borówk wysokiej (*Botrytis cinerea*) / H. Bryk. – Skierniewice : Inst. Ogrodnictwa. – S. 88–91. – URL: https://www.agrofagi.com.pl/plik,3355,szara-plesn-borowki-wysokiej.pdf (date of access: 20.01.2025).

19. Прогноз изменения численности вредных организмов в садах (монография) / РАСХН ВСТИСП ; под общ. ред. С. Е. Головина. – М. : Коломен. тип., 2006. – 116 с.

INCIDENCE AND HARMFULNESS OF GRAY MOLD IN HIGHBUSH BLUEBERRY IN BELARUS

E. V. VASEKHA

Abstract

This article presents data from studies conducted in 2021–2024 on the assessment of gray mold incidence in commercial plantations of highbush blueberry. It was determined that weather conditions during flowering and berry ripening, cultivar-specific traits, and plant protection measures significantly influence infection of generative organs. A differentiation in susceptibility to gray mold was revealed among highbush blueberry cultivars of different ripening times. Among mid-season cultivars, Bluecrop, Bluegold, and Nelson were the most affected, while Patriot was notably affected among early cultivars. Total yield losses from gray mold during the growing season were estimated.

Keywords: highbush blueberry, gray mold, *Botrytis cinerea*, cultivar susceptibility, yield loss.

Поступила в редакцию 16.04.2025

УДК 634.737:631.8:661.152.5:631.559

ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ОБРАБОТОК МИКРОУДОБРЕНИЕМ НАНОПЛАНТ-Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se, B. УЛЬТРА + БОР НА УРОЖАЙНОСТЬ, МАССУ И СРОКИ ХРАНЕНИЯ ЯГОД ГОЛУБИКИ

Т. В. КУРЛОВИЧ[1], С. Г. АЗИЗБЕКЯН[2], В. Л. ФИЛИПЕНЯ[1]

[1]ГНУ «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»,
ул. Сурганова, 2в, г. Минск, 220012, Беларусь,
e-mail: vaccinium@mail.ru
[2]ГНУ «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси»,
ул. Сурганова, 13, г. Минск, 220072, Беларусь,
e-mail: s.az@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Проведенные в течение двух лет на 4 сортах голубики испытания микроудобрения Нанoплант-Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se, B. Ультра + Бор позволили установить, что новый препарат на основе наночастиц соединений микроэлементов проявляет более высокую биологическую эффективность в сравнении с традиционным хелатным микроудобрением, обеспечивая снижение расхода суммы микроэлементов в 20 раз (с 234,0 до 11,7 г/га за сезон). Низкая норма расхода препарата в сочетании с его высокой эффективностью позволила увеличить кратность некорневых обработок для удовлетворения постоянной потребности растений в микроэлементах в период всего сезона: от набухания почек до массового плодоношения. Использование Нанoплант-Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se, B. Ультра + Бор обеспечивает ускорение созревания ягод, увеличение их средней массы, повышение урожайности и срока хранения.

Ключевые слова: голубика, *Vaccinium* × *covilleanum* But. et Pl., микроудобрение, Нанoплант-Ультра + Бор, наночастицы, фенoритмика, ускорение созревания, урожайность.

ВВЕДЕНИЕ

Голубика – ценная ягодная культура, занимающая второе место в мировом производстве ягодной продукции после земляники садовой [1]. Площади под посадками культуры ежегодно увеличиваются. Расширение производства ягод голубики происходит также за счет распространения культуры в различных климатических зонах. Это определяет высокую значимость вопросов, связанных с перезимовкой растений, сохранением цветковых почек в период покоя, повышением урожайности, размера и массы ягод, увеличением сроков их хранения. С целью усиления адаптивных свойств голубики и оптимизации технологии возделывания применяют криопротекторы, макро- и микроудобрения, средства защиты от болезней. Существенное значение имеют безопасность применяемых веществ для человека и окружающей среды, а также затраты на их использование.

В НАН Беларуси разработано и освоено в производстве микроудобрение на основе наночастиц соединений элементов Нанoплант-Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se, B. Ультра + Бор (далее по тексту – Нанoплант). Массовая доля элементов контролируется на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой (ICP). Методом динамического светорассеяния на анализаторе Zetasizer Nano ZSP (Malvern, Великобритания) подтверждено наличие в микроудобрении наночастиц со средневзвешенным размером в диапазоне 18–24 нм.

Использование постепенно усваиваемых внутриклеточными ферментами полимеров-стабилизаторов коллоидного раствора обеспечивает низкую токсичность и пролонгированное действие препарата [2–3]. Благодаря свойству сверхпроницаемости наночастиц через клеточные мембраны новый препарат легко проникает в растительные клетки и проявляет высокую эффективность при существенно меньших концентрациях элементов в сравнении с солевыми и хелатными микроудобрениями.

Целью выполненных двухгодичных полевых *испытаний* являлась оценка влияния микроудобрения Нанoплант на сроки созревания, урожайность, массу и сроки хранения ягод голубики различных сортов.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Испытания были проведены в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси (г. Минск) на пятилетних растениях 4 сортов голубики *Vaccinium* × *covilleanum* But. et Pl.: Northland, Bluegold, Bluecrop и Spartan. Опыты заложены в трехкратной повторности. На каждой опытной делянке площадью 3 $м^2$ располагалось по 3 учетных растения.

В контрольном варианте для обработок использовали воду.

Для некорневой подкормки голубики широко применяют комплексные удобрения со схожим химическим составом и расходными нормами, такие как Florovit (Польша), Акварин 14 и Добрая сила (Россия), Белвито и КомплеМет Голубика (Беларусь).

В качестве аналога для сравнения эффективности использовано удобрение КомплеМет Голубика (далее по тексту – КомплеМет) с составом, г/л, не менее: N – 3,7; P_2O_5 – 75; K_2O – 62; SO_4 – 16; MgO – 6,2; Fe – 7,5; Mn – 2,5; Cu – 2,2; Zn – 3,7; Mo – 0,03; Co – 0,01; B – 1,1. Сумма действующих веществ (макро- и микроэлементов) ($\Sigma_{ДВ}$) – не менее 180 г/л. В испытаниях в соответствии с инструкцией по применению использовали 2 некорневые обработки (в мае и июне) с расходом удобрения 10 мл/л (3 л на 300 л/га рабочего раствора). Расход на одну обработку $\Sigma_{ДВ}$ = 540 г/га (1080 г/га на 2 обработки); расход суммы микроэлементов ($\Sigma_{МЭ}$) (без учета NPK) составил 117 г/га (234 г/га на 2 обработки).

Микроудобрение Наноплант имеет состав, г/л, не менее: Co – 0,36; Mn – 0,36; Cu – 0,43; Fe – 0,6; Zn – 0,25; Cr – 0,45; Mo – 0,45; Se – 0,45; B – 5,0. $\Sigma_{МЭ}$ – не менее 8,4 г/л. Расход препарата в опытах составил 0,5 мл/л (0,15 л/га), расход $\Sigma_{МЭ}$ на одну обработку – 1,3 г/га. В испытаниях производили 9 некорневых подкормок в период с апреля по июль с общим расходом суммы микроэлементов 11,7 г/га в сезон.

Учитывали следующие показатели: изменения в феноритмике сортов, в том числе срок созревания ягод, средняя урожайность ягод с одного куста, масса одной ягоды, продолжительность хранения ягод.

Наблюдения за феноритмикой проводили по общепринятой методике [4]. За исходную дату отсчета в 2023 г. взяли 1 апреля (дата проявления первой фенофазы – набухания почек), а в 2024 г. – 10 марта.

Учет урожайности в каждом варианте опыта проводили путем взвешивания ягод, собираемых отдельно с каждого куста. Определение средней массы ягод в варианте опыта проводили путем взвешивания 100 ягод в пятикратной повторности.

Для оценки срока хранения плоды голубики снимали в стадии потребительской спелости и закладывали на хранение в холодильник при температуре (4 ± 1) °С в пластиковых контейнерах объемом 500 мл с отверстиями (TL1-500/58/20 для ягод и фруктов).

Срок хранения плодов оценивали по времени сохранения (в сут) потребительских качеств при уровне общих потерь (естественная убыль + нестандарт), не превышающих 10 % [5]. Все опыты закладывали в трехкратной повторности.

Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В период наблюдений климатические показатели в сезонах вегетации варьировали в широких пределах. Сезон вегетации 2023 г. отличался резкими перепадами среднесуточных температур, которые в мае и июле были ниже, а в остальные месяцы – выше климатической нормы. С 15 по 25 июня и с 13 по 21 августа отмечены интенсивные волны тепла с максимальной температурой воздуха +30 °С. В семи месяцах года суммы осадков превышали норму. Самым сухим месяцем был май, за который в среднем выпало 12 мм осадков, самым влажным стал ноябрь – 86 мм осадков.

Весна 2024 г. была аномально теплой. Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через +5 °С в сторону ее повышения (начало периода вегетации) начался 21–29 марта, что на 1,5–2,0 недели раньше обычных сроков. Теплая погода выше климатической нормы продолжилась летом и осенью. С 25 июня по 1 июля и с 7 по 27 июля, а также в сентябре зарегистрированы волны тепла с тропическими ночами. В семи месяцах года суммы осадков были ниже

нормы. Самым сухим месяцем стал май, за который в среднем выпало 25 мм осадков (40 % климатической нормы), а самым влажным – апрель с 85 мм осадков, или 218 % климатической нормы, в июне и июле также зафиксирован избыток осадков – 116 и 123 % нормы соответственно.

Резкие перепады температур, влажности воздуха, периоды засухи и дождливой погоды в период исследований позволили оценить действие удобрения Наноплант на продуктивные показатели голубики в разнообразных климатических условиях.

В результате наблюдений за феноритмикой сортов установлено, что время наступления фенологических фаз и скорость их протекания зависели от климатических особенностей года, но основное влияние на исследуемые процессы оказали среднесуточные температуры.

Весной 2024 г. вегетация у голубики началась значительно раньше (10 марта), чем в 2023 г. (2 апреля). Календарные сроки начала и прохождения фенофаз – набухания почек, начала роста, появления листьев, бутонизации и цветения – в 2024 г. также были отмечены на 15–20 дней раньше. С момента начала распускания почек и до начала фазы бутонизации разницу в сроках наступления фенофаз между сортами и вариантами опыта не наблюдали. Сортовые различия проявились с фазы бутонизации, а влияние обработок удобрением Наноплант – в период созревания ягод (табл. 1, 2).

Независимо от климатических показателей года наблюдения и сортовой специфики некорневые обработки голубики микроудобрением Наноплант обеспечили достоверное опережение созревания ягод на срок от 2 до 5 дней (табл. 1, 2), что позволяет скорректировать продажу ягоды на более выгодные для реализации сроки.

Высокая эффективность микроудобрения Наноплант проявилась в повышении массы ягод и урожайности исследуемых сортов (табл. 3). В 2023 г. урожайность голубики была низкой из-за плохой закладки цветковых почек в условиях засухи во второй половине сезона вегетации 2022 г. Использование микроудобрения Наноплант способствовало увеличению урожая. Наиболее выраженный эффект обработок в 2023 г. зафиксирован у сортов Bluecrop и Spartan, урожайность которых в опытном варианте достоверно увеличилась в 2,3–3,5 раза, или на 134,8–258,3 %.

В более благоприятном по климатическим условиям 2024 г. урожайность голубики была значительно выше по сравнению с 2023 г. В контрольных вариантах эксперимента она варьирова-

Таблица 1. **Влияние обработок удобрением Наноплант на сокращение периода созревания ягод голубики в 2023 г.**

Сорт	Вариант	Период созревания ягод голубики, дни					
		Начало		Массовое		Конец	
		День	Δ, %	День	Δ, %	День	Δ, %
Nortland	Контроль	97,1 ± 2,0	–	110,0 ± 2,3	–	122,2 ± 1,6	–
	КомплеМет	97,1 ± 1,5	0	108,2 ± 1,8	1,6	119,7 ± 1,7	2,1
	Наноплант	**94,3 ± 1,6***	**2,9**	**105,0 ± 2,8***	**4,6**	**113,3 ± 1,2***	**7,3**
	$НСР_{0,05}$	*2,45*	–	*2,74*	–	*2,33*	–
Bluegold	Контроль	107,2 ± 1,4	–	114,6 ± 2,2	–	129,2 ± 2,2	–
	КомплеМет	107,3 ± 2,2	–	112,5 ± 2,1	1,8	129,7 ± 1,8	–0,4
	Наноплант	**105,1 ± 2,4***	**2,0**	**110,0 ± 2,0***	**4,0**	**123,4 ± 1,4***	**4,5**
	$НСР_{0,05}$	*1,72*	–	*1,78*	–	*1,74*	–
Bluecrop	Контроль	107,2 ± 1,2	–	113,8 ± 1,6	–	126,6 ± 1,7	–
	КомплеМет	107,1 ± 1,4	0,1	113,6 ± 1,5	0,2	126,7 ± 1,7	–
	Наноплант	**103,6 ± 2,5***	**3,4**	**108,3 ± 2,3***	**4,8**	**123,4 ± 2,3***	**2,5**
	$НСР_{0,05}$	*2,33*	–	*3,27*	–	*1,93*	–
Spartan	Контроль	99,3 ± 2,1	–	104,4 ± 1,2	–	112,2 ± 2,3	–
	КомплеМет	99,5 ± 1,9	–0,4	104,2 ± 1,3	0,2	111,3 ± 1,8	0,8
	Наноплант	**99,1 ± 2,4**	**0,2**	**102,1 ± 1,6***	**2,2**	**109,5 ± 1,8***	**2,4**
	$НСР_{0,05}$	*0,05*	–	*1,84*	–	*2,24*	–

Примечание. Используемые сокращения: Δ – разница с контролем, %; * – статистически значимые различия при $p < 0,05$.

Таблица 2. **Влияние обработок удобрением Нанoплант на продолжительность периода созревания ягод голубики в 2024 г.**

Сорт	Вариант	Период созревания ягод голубики, дни					
		Начало		Массовое		Конец	
		День	Δ, %	День	Δ, %	День	Δ, %
Nortland	Контроль	96,2 ± 1,2		113,2 ± 1,3		124,6 ± 1,2	
	КомплеМет	96,1 ± 1,5	–	113,6 ± 1,5	–0,35	123,7 ± 1,5	0,7
	Нанoплант	**94,4 ± 1,4***	**1,9**	**111,1 ± 2,1***	**1,86**	**122,9 ± 1,5***	**1,4**
	$НСР_{0,05}$	*1,75*	–	*2,01*	–	*1,63*	–
Bluegold	Контроль	117,3 ± 1,2		138,4 ± 2,1		146,4 ± 1,9	
	КомплеМет	117,5 ± 1,7	0,2	137,2 ± 2,1	0,9	144,6 ± 1,6	1,2
	Нанoплант	**115,4 ± 1,4***	**1,6**	**134,4 ± 2,2***	**2,9**	**142,2 ± 1,8***	**2,9**
	$НСР_{0,05}$	*1,86*	–	*3,55*	–	*3,69*	–
Bluecrop	Контроль	96,4 ± 1,6		116,7 ± 1,7		128,5 ± 1,3	
	КомплеМет	96,1 ± 1,7	0,3	115,3 ± 1,9	1,20	126,7 ± 1,6	1,4
	Нанoплант	**96,6 ± 1,5**	**–0,2**	**113,3 ± 2,0***	**2,91**	**126,4 ± 1,8***	**1,63**
	$НСР_{0,05}$	*0,22*	–	*3,12*	–	*1,87*	–
Spartan	Контроль	94,5 ± 1,1		116,4 ± 1,6		128,2 ± 2,1	
	КомплеМет	94,4 ± 1,7	0,12	116,6 ± 1,5	–0,17	126,6 ± 1,6	1,25
	Нанoплант	**91,3 ± 2,1**	**3,39**	**114,6 ± 1,7**	**1,55**	**125,3 ± 1,9**	**2,26**
	$НСР_{0,05}$	*2,78*	–	*1,52*	–	*2,24*	–

Примечание. Используемые сокращения: Δ – разница с контролем, %; * – статистически значимые различия при $p < 0,05$.

Таблица 3. **Влияние обработок микроудобрением Нанoплант на массу ягоды и урожайность (*X*) у сортов голубики**

Сорт	Вариант	Масса ягоды, г		Урожайность, кг/раст.	
		$X \pm m_x$	Δ, %	$X \pm m_x$	Δ, %
2023					
Northland	Контроль	0,70 ± 0,03	–	0,14 ± 0,02	–
	КомплеМет	0,70 ± 0,03	0	0,22* ± 0,04	57,1
	Нанoплант	**0,87* ± 0,02**	**24,3**	**0,19* ± 0,06**	**35,7**
	$НСР_{0,05}$	*0,04*	–	*0,04*	–
Bluegold	Контроль	1,25 ± 0,02	–	0,45 ± 0,05	–
	КомплеМет	1,23 ± 0,01	–1,6	0,42 ± 0,05	–6,7
	Нанoплант	**1,79* ± 0,04**	**43,2**	**0,48* ± 0,12**	**6,7**
	$НСР_{0,05}$	*0,11*	–	*0,03*	–
Bluecrop	Контроль	1,57 ± 0.02	–	0,12 ± 0,01	–
	КомплеМет	1,46 ± 0,08	–7,0	0,35* ± 0,04	191,6
	Нанoплант	**2,26* ± 0,04**	**43,9**	**0,43* ± 0,08**	**258,3**
	$НСР_{0,05}$	*0,08*	–	*0,10*	–
Spartan	Контроль	2,09 ± 0,04	–	0,23 ± 0,03	–
	КомплеМет	2,16* ± 0,02	3,3	0,43* ± 0,13	86,9
	Нанoплант	**2,26* ± 0,03**	**8,1**	**0,54* ± 0,20**	**134,8**
	$НСР_{0,05}$	*0,04*	–	*0,18*	–
2024					
Northland	Контроль	0,98 ± 0,02	–	1,72 ± 0,25	–
	КомплеМет	1,07 ± 0,02	9,2	1,87 ± 0,16	5,9
	Нанoплант	**1,24* ± 0,03**	**26,5**	**2,36* ± 0,14**	**35,3**
	$НСР_{0,05}$	*0,19*	–	*0,53*	–
Bluegold	Контроль	1,15 ± 0,01	–	4,65 ± 0,33	–
	КомплеМет	1,43 ± 0,01	24,3	5,24 ± 0,32	13,0
	Нанoплант	**1,58* ± 0,02**	**37,4**	**5,46* ± 0,32**	**17,4**
	$НСР_{0,05}$	*0,37*	–	*0,67*	–

Окончание табл. 3

Сорт	Вариант	Масса ягоды, г		Урожайность, кг/раст.	
		$X \pm m_x$	Δ, %	$X \pm m_x$	Δ, %
Bluecrop	Контроль	0,91 ± 0,02	–	2,00 ± 0,71	–
	КомплеМет	1,13 ± 0,01	24,2	2,14 ± 0,32	7,0
	Наноплант	**1,21* ± 0,02**	**33,0**	**2,28* ± 0,44**	**14,0**
	$НСР_{0,05}$	*0,21*	–	*0,27*	–
Spartan	Контроль	1,88 ± 0,03	–	1,12 ± 0,11	–
	КомплеМет	2,04 ± 0,02	8,5	1,25 ± 0,31	9,1
	Наноплант	**2,29 ± 0,03**	**21,8**	**1,94* ± 0,13**	**72,7**
	$НСР_{0,05}$	*0,54*	–	*0,33*	–

Примечание. Используемые сокращения: Δ – разница с контролем, %; * – статистически значимые различия при $p < 0,05$.

ла от 1,12 до 4,65 кг с куста в зависимости от сорта. Применение микроудобрения Наноплант способствовало получению прибавки урожая у сорта Bluecrop на 14,0 %, у Bluegold – на 17,4, у Northland – на 35,3 и у Spartan – на 72,7 %.

На рост урожайности в значительной степени оказало влияние увеличение массы ягод на растениях, обработанных микроудобрением Наноплант. Существенная достоверная разница по этому признаку отмечена у всех сортов. Наибольшее увеличение массы в 2023 г. зафиксировано у сортов Bluegold (43,2 %) и Bluecrop (43,9 %), в 2024 г. значение этого показателя колебалось в пределах 21,8–37,4 %.

В сравнении с Нанoплантом использование хелатного удобрения КомплеМет обеспечило существенно меньший уровень повышения урожайности: в 2024 г. – от 5,9 (Northland) до 13,0 % (Bluegold). Растения голубики испытывают постоянную потребность в микроэлементах в период всего сезона – от набухания почек до массового плодоношения. Но высокий расход (3 л/га) сдерживает возможность увеличения кратности применения КомплеМет в связи с существенным возрастанием затрат на его приобретение и снижением экономической окупаемости.

Основное преимущество применения Нанопланта базируется на его высокой биологической эффективности, позволяющей обеспечивать прибавку урожайности при малом расходе на одну обработку как препарата (**0,15 л/га** вместо 3 л/га у хелатов), так и суммы действующих веществ – наночастиц микроэлементов ($\Sigma_{МЭ}$ = **1,3 г/га** вместо 117 г/га). Это позволяет увеличить кратность некорневых обработок до 9 раз (с общим расходом за сезон $\Sigma_{МЭ}$ = **11,7 г/га** вместо 234 г/га у хелатов) и удовлетворить потребность растений в микроэлементах в течение всей вегетации.

Внесение микроудобрения Наноплант оказало положительное влияние на продолжительность хранения ягод, что позволяет увеличить сроки их реализации, снизить потери при дальней транспортировке. Обработка голубики Нанoплантом обеспечила достоверное увеличение сохранности ягод (табл. 4) в 2023 г. на срок от 2 (Spartan) до 10 сут (Bluegold) и в 2024 г. – на срок от 4 (Spartan) до 7 сут (Nortland). В процентном выражении увеличение этого показателя варьировало в 2024 г. от 21,0 (Bluegold) до 50,3 % (Bluecrop).

Следует отметить влияние обработок Нанoплантом на устранение симптомов хлороза у изучаемых сортов. Наиболее сильно данному заболеванию подвержен высокорослый, активно наращивающий побеги сорт Spartan. В период проведения испытаний на этом сорте отмечено полное отсутствие признаков хлороза листьев в варианте с обработкой растений микроудобрением Наноплант, в то время как в контроле и при обработке удобрением КомплеМет эти признаки были четко выражены (см. рисунок).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные в 2023–2024 гг. полевые испытания микроудобрения Наноплант-Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se, B. Ультра + Бор на 4 сортах голубики позволили установить, что новый препарат на основе наночастиц соединений микроэлементов проявляет более высокую биологическую эффективность при различных климатических условиях сезона вегетации в сравнении с тради-

Таблица 4. **Влияние микроудобрения Наноплант на сроки хранения ягод голубики**

Сорт	Вариант	2023 г.		2024 г.	
		Сохраняемость, сут	Δ, %	Сохраняемость, сут	Δ, %
Nortland	Контроль	6,33 ± 0,33	–	15,73 ± 0,33	–
	КомплеМет	6,67 ± 0,33	5,4	18, 43 ± 0,45	17,2
	Наноплант	**9,67* ± 0,33**	**52,8**	**22,71* ± 0,78**	**44,4**
	$НСР_{0,05}$	*0,63*	–	*3,27*	–
Bluegold	Контроль	10,67 ± 0,33	–	24,07 ± 1,22	–
	КомплеМет	14,33* ± 0,33	34,3	26,73 ± 0, 43	11,1
	Наноплант	**20,67* ± 0,67**	**93,7**	**29,12* ± 1,10**	**21,0**
	$НСР_{0,05}$	*0,98*	–	*2,79*	–
Bluecrop	Контроль	9,33 ± 0,33	–	10,00* ± 0,63	–
	КомплеМет	10,00 ± 0,58	7,2	12,23 ± 1,00	22,3
	Наноплант	**14,67* ± 0,33**	**57,2**	**15,03 ± 0,63**	**50,3**
	$НСР_{0,05}$	*0,88*	–	*2,37*	–
Spartan	Контроль	9,67 ± 0,67	–	17,67 ± 1,90	–
	КомплеМет	9,33 ± 0,33	–3,5	18,97 ± 1,93	7,36
	Наноплант	**12,00* ± 1,15**	**24,1**	**21,42* ± 0,95**	**21,2**
	$НСР_{0,05}$	*1,38*	–	*2,03*	–

Примечание. Используемые сокращения: Δ – разница с контролем, %; * – статистически значимые различия при $p < 0,05$.

1 *2* *3*

Проявление хлороза на листьях голубики сорта Spartan по вариантам:
1 – контроль; *2* – КомплеМет; *3* – Наноплант

ционным хелатным микроудобрением, обеспечивая при этом снижение расхода микроэлементов в 20 раз (с 234,0 до 11,7 г/га за сезон). Применение нового микроудобрения достоверно обеспечивает (в сравнении с контролем) ускорение начала периода массового созревания ягод на срок от 2 до 5 дней, или 1,5–4,8 %, в зависимости от сортовой специфики, достоверное увеличение средней массы ягод – на 8,1–43,9 %. В сложных климатических условиях плохого плодоношения 2023 г. уровень повышения урожайности колебался от 6,7 до 258,3 %. В благоприятных климатических условиях 2024 г. также отмечено достоверное стабильное повышение урожайности на 14,0–72,7 %. Период сохраняемости ягод увеличился на срок от 2 до 10 сут (на 21,0–93,7 %), что позволяет увеличить сроки их реализации, снизить потери при дальней транспортировке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. High-resolution linkage map and QTL analyses of fruit firmness in autotetraploid blueberry / F. Cappai, R. R. Amadeu, J. Benevenuto [et al.] // Frontiers in Plant Science. – 2020. – Vol. 11. – P. 1–11.

2. Yurkevich, E. S. Study of toxicological properties of microfertilizers ‘Nanoplant’ in experiments *in vitro* / E. S. Yurkevich, M. V. Anisovich, S. G. Azizbekyan // Biomaterials and nanobiomaterials: recent advances safety-toxicology and ecology issues : proc. of the 9th Intern. conf., Greece, 6–13 May, 2018. – Heraklion, 2018. – P. 23–25.

3. Возделывание жимолости и голубики на рекультивируемых торфяниках низинного типа с использованием органических удобрений и микроэлементного стимулятора Наноплант / Ж. А. Рупасова, А. П. Яковлев, П. Н. Белый [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2021. – 229 с.

4. Юркевич, И. Д. Фенологические исследования древесных и травянистых растений : метод. пособие / И. Д. Юркевич, Д. С. Голод, Э. П. Ярошевич. – Минск : Наука и техника, 1980. – 83 с.

5. Проведение исследований по хранению плодов, ягод и винограда : метод. указания / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина, Отд-ние растениеводства и селекции, Науч. совет по проблемам хранения и перераб. картофеля, овощей и плодов ; сост.: Е. П. Франчук [и др.]. – М. : ВАСХНИЛ, 1983. – 76 с.

EFFECT OF FOLIAR APPLICATIONS OF THE MICRONUTRIENT NANOFERTILIZER NANOPLANT-CO, MN, CU, FE, ZN, CR, MO, SE, B. ULTRA + BORON ON THE YIELD, BERRY WEIGHT, AND STORAGE DURATION OF HIGHBUSH BLUEBERRY

T. V. KURLOVICH, S. G. AZIZBEKYAN, V. L. FILIPENYA

Abstract

Two-year trials conducted on four cultivars of highbush blueberry assessed the efficacy of the micronutrient fertilizer Nanoplant-Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se, B. Ultra + Boron. The results demonstrated that this new formulation, based on nanoparticles of micronutrient compounds, exhibits significantly higher biological effectiveness compared to conventional chelated micronutrient fertilizers, reducing the total seasonal micronutrient application rate by a factor of 20 (from 234.0 to 11.7 g/ha). The low application rate combined with high efficacy enabled more frequent foliar treatments throughout the entire growing season – from bud swell to peak fruiting – meeting the continuous micronutrient demands of the plants. The use of Nanoplant-Co, Mn, Cu, Fe, Zn, Cr, Mo, Se, B. Ultra + Boron accelerated berry ripening, increased average fruit weight, improved yield, and extended postharvest storage life.

Keywords: blueberry, *Vaccinium* × *covilleanum* But. et Pl., micronutrient fertilizer, Nanoplant-Ultra + Boron, nanoparticles, phenorhythmics, ripening acceleration, yield.

Поступила в редакцию 24.03.2025

УДК 634.74:631.526.32:581.143.6

СОЗДАНИЕ И ПОДДЕРЖАНИЕ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO* КОЛЛЕКЦИИ СОРТОВ АКТИНИДИИ (*ACTINIDIA* LINDL.)

М. Д. МОРОЗОВА, Н. В. КУХАРЧИК

РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: moromarie1999@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Изучение литературных источников, характеризующих морфологические особенности актинидии, позволило предположить, что для эффективного сохранения растений в культуре *in vitro* в приоритете пересадка на новый пассаж узловых сегментов с 2–3 пазушными почками. Исследования проводили в отделе биотехнологии РУП «Институт плодоводства» в 2024–2025 гг. Объектами исследования были выбраны мужские и женские формы актинидии двух видов: сорта *A. kolomikta* – Прывабны (мужская форма), Сентябрьская, Превосходная (женская форма), *A. arguta* – Камандор (мужская форма), Киевская крупноплодная (женская форма). Оценивали эффективность пролиферации в культуре *in vitro* по следующим показателям: коэффициент размножения с одной пробирки; количество побегов в одной пробирке; коэффициент размножения с одного побега; доля укоренившихся растений. Проведен анализ влияния типа экспланта, видовых, половых и сортовых особенностей на исследуемые показатели. Лучшая эффективность пролиферации получена с использованием узловых сегментов при пассажировании. Для сохранения коллекции и поддержания пролиферирующей и ризогенной способности растений-регенерантов более подходящими эксплантами являются узловые сегменты побега с 2–3 пазушными почками.

Ключевые слова: Actinidia Lindl., актинидия, культура *in vitro*, коллекция *in vitro*, питательная среда, тип экспланта, коэффициент размножения, пролиферация, ризогенез *in vitro*, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все больше внимания уделяется малораспространенным плодовым и ягодным культурам. Использование биотехнологических методов позволяет ускоренно размножать такие культуры, а также способствует сохранению уникальных сортов [1] и дает возможность создания коллекций культур *in vitro* с целью сохранения биоразнообразия. Ягоды актинидии (*Actinidia* Lindl.) отличаются большим содержанием биологически активных веществ и витаминов, что вызывает интерес к внедрению биотехнологических методов при размножении перспективных сортов [2].

Одним из важнейших биотехнологических приемов является создание и сохранение коллекции видов и сортов в культуре *in vitro*. Существует несколько способов создания и поддержания коллекции: путем пересадок на свежую питательную среду через определенный период культивирования (пассажирование) при активной вегетации; длительное хранение пробирочных растений при низких положительных температурах (депонирование) [3].

Актинидия – это плодовая лиана, и микроразмножение данной культуры осуществляется в основном способом деления микропобегов на узловые сегменты с 2–3 почками, при этом получается большое количество эксплантов, представляющих узловые сегменты, и единичные экспланты с верхушечной почкой (верхушки побегов) (рис. 1).

Первоначально на протяжении пяти пассажей для поддержания коллекции актинидии *in vitro* на свежую питательную среду пересаживались только верхушки побегов. В результате таких пересадок было отмечено замедление роста растений-регенерантов, снижение коэффициента размножения и доли укоренившихся растений.

В исследованиях морфологических особенностей актинидии делается акцент на то, что для данной культуры характерно симподиальное ветвление, соответственно, все побеги в конечном итоге самоуничтожаются после определенного срока роста. Выделяют два типа побегов: детерминантные и индетерминантные [4], или конечные и неконечные [5], однако отличие в этих типах побегов заключается только во времени прекращения их роста [6].

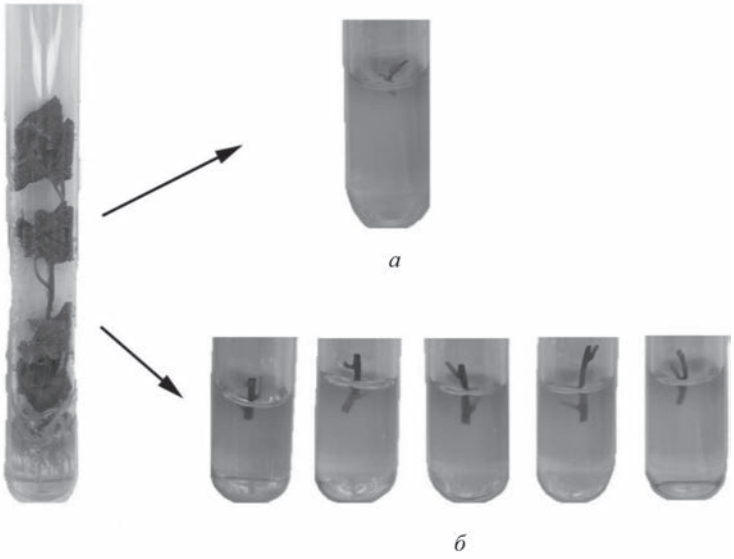


Рис. 1. Микроразмножение актинидии (на примере *A. kolomikta* сорта Прывабны): *а* – посаженная на свежую питательную среду верхушка побега (часть побега с верхушечной почкой); *б* – посаженные на свежую питательную среду узловые сегменты с 2–3 пазушными почками

В ботаническом обзоре вегетативных структур растения актинидии A. R. Ferguson [5] отметил, что молодые побеги при большинстве систем обрезки заменяются каждые 2–3 года. Кроме того, базальные почки лианы обычно не вырастают в побеги, если первичная (апикальная) точка роста не удалена или не повреждена.

В исследовании A. Seleznyova, G. Thorp, A. Barnett, E. Costes [6] был проведен количественный анализ развития побегов и моделей ветвления актинидии, в котором классифицировали типы побегов на короткие, средние и длинные в зависимости от способа распределения количества узлов. Для каждого типа побега были выделены две модели симподиального ветвления: акротоническое (с короткой зоной на верхушке, характеризующейся 100%-ным ветвлением) – на коротких и средних побегах и мезотоническое (с неразветвленной зоной у основания и короткими пазушными побегами на верхушке) – на длинных побегах. Авторы указали, что наибольшая плотность узлов характерна для основания побега и конечной части побега, а наибольшее расстояние между узлами – для срединной части побега. В результате проведенного количественного анализа установлено, что побеги второго порядка, вырастающие из пазушных почек конечной части побега, были короткими, а самые длинные вырастали из пазушных почек, расположенных в месте наибольшего расстояния междоузлий. Кроме того, авторами было отмечено, что увеличение образования длинных побегов в этом срединном участке может быть связано с характером развития родительского побега и переходом от предварительно сформированной к несформированной части родительского побега. Разработанный подход был рекомендован авторами для изучения влияния систем обрезки киви на развитие побегов, однако нами не исключается, что такой подход может использоваться также для изучения развития побегов при культивировании растений-регенерантов в культуре *in vitro*.

Вышеизложенное исследование получило продолжение, в котором E. M. Foster, A. N. Seleznyova, A. M. Barnett [7] были изучены органогенез апикальной меристемы побега во время роста побега и остановка развития верхушки побега. Модели приостановления развития верхушек побегов сравнивались в разных генотипах видов актинидии *A. arguta*, *A. polygama* и *A. indochinensis*. В результате исследования было выявлено, что органогенез и остановка развития верхушек побегов контролируются независимо, т. е. все почки растения имеют одинаковый потенциал развития для новообразования. Соответственно, все побеги имеют потенциал развиться в длинные побеги. У актинидии остановка развития верхушки побега может произойти в любой момент, что приводит к коротким или средним побегам. Однако, как только начинается

новообразование, рост становится в значительной степени неопределенным, в результате чего новые побеги длинные. Авторами был сделан вывод о том, что развитие побега киви – это результат трех процессов: инициация новых фитомеров апикальной меристемой, расширение фитомеров и остановка развития верхушки побега.

Изучение литературных источников касаемо морфологических особенностей актинидии позволило предположить, что для эффективного сохранения растений в культуре *in vitro*, включая поддержание коэффициента размножения и ризогенной способности растений на высоком уровне, необходимо удалять верхушку побега, пересаживая на новый пассаж узловой сегмент с 2–3 пазушными почками.

Цель исследования – выделить морфологические особенности видов (*A. kolomikta*, *A. arguta*) и сортов рода *Actinidia* Lindl. и подобрать оптимальный тип экспланта при создании и поддержании коллекции в культуре *in vitro* путем пассажирования при нормальной вегетации.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в отделе биотехнологии РУП «Институт плодоводства». Объекты исследований: сорта *A. kolomikta* – Прывабны (мужская форма), Сентябрьская, Превосходная (женская форма), сорта *A. arguta* – Камандор (мужская форма), Киевская крупноплодная (женская форма).

Прывабны (*A. kolomikta*). Лиана высотой до 8 м. Листья цельные, яйцевидные. Листовая пластинка сверху темно-зеленая с редким опушением по жилкам, снизу – грязно-зеленая. Перед цветением характерна пестролистность (приобретение малиновой окраски листьями). Цветки блюдцевидные с 5 лепестками диаметром до 2 см. Устойчивый к грибным болезням и вредителям сорт [8].

Сентябрьская (*A. kolomikta*). Лиана до 18–20 м в высоту. Сорт созревает в сентябре, обладает морозоустойчивостью до –30 °С, высокой урожайностью, самобесплодный, требует опылителя. Плоды эллиптические, гладкие, сочные. Обладает устойчивостью к болезням и вредителям [8].

Превосходная (*A. kolomikta*). Лиана высотой до 8 м, толщиной до 2 см у основания. Сорт зимостойкий, среднеурожайный (2,5 кг с куста). Самобесплодный, требует опылителя. Вступает в плодоношение на 3–4-й год после посадки. Плоды цилиндрической формы, темно-зеленые, средние по размеру (2,5 г). Поверхность ребристая. Вкус кисловато-сладкий [8].

Камандор (*A. arguta*). Лиана до 20 м в высоту. Окраска коры светло-серая. Листья широкоовальной или яйцевидной формы с заостренной верхушкой. Пластинка листа плотная, блестящая, темно-зеленая сверху и светло-зеленая с нижней стороны, с черешками длиной около 7 см. Цветки чашевидной формы с 5 лепестками диаметром 2–3 см. Сорт средней зимостойкости, устойчив к заболеваниям [8].

Киевская крупноплодная (*A. arguta*). Лиана высотой до 20 м. Побеги серые с белыми точками. Листья крупные, эллиптической формы. Цветки белые, одиночные. Плоды созревают в начале сентября, крупные, массой 10–20 г. Устойчив к болезням и вредителям [8].

Экспланты культивировали на модифицированной питательной среде по прописи Мурасиге и Скуга [9] (MS) с добавлением 0,5 мг/л 6-бензиладенина (6-БА), 0,5 мг/л тиамина гидрохлорида (B_1), 0,5 мг/л пиридоксина гидрохлорида (B_6), 0,5 мг/л никотиновой кислоты (РР), 1,0 мг/л аскорбиновой кислоты (С), 15 г/л глюкозы, 15 г/л сахарозы, 3,8 г/л агара (pH 5,6–5,7).

Культивирование *in vitro* осуществлялось при освещении 2,5–3,0 тыс. лк, температура составляла +21…+23 °С, фотопериод – 16/8 ч. Длительность субкультивирования (одного пассажа) – 60 дней.

На питательную среду высаживали два типа эксплантов: часть побега с верхушечной почкой (верхушки побегов) и узловые сегменты с 2–3 почками.

Оценивали эффективность пролиферации в культуре *in vitro* по следующим показателям: коэффициент размножения с одной пробирки; количество побегов в одной пробирке, шт.; коэффициент размножения с одного побега; доля укоренившихся растений, %.

Статистическую обработку данных проводили в программе STATISTICA 6.0, используя ANOVA, однофакторный и двухфакторный дисперсионный анализ, критерий Дункана ($p < 0,05$). Построение графиков проводили в программе Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении разных типов эксплантов сортов актинидии *in vitro* отмечено, что при посадке узловых сегментов у выросших растений-регенерантов были достигнуты более высокие показатели коэффициентов размножения с одной пробирки, коэффициентов размножения с одного побега и отмечено большее количество побегов в одной пробирке (рис. 2, 3). Такие показатели свидетельствуют о высокой степени пролиферации растений-регенерантов при использовании узловых сегментов в качестве экспланта.

Кроме того, для актинидии характерно спонтанное укоренение растений-регенерантов на среде для размножения (среда с цитокинином, без ауксинов). Такое явление было отмечено нами в предыдущем исследовании при использовании такого же состава питательной среды [10] и коррелирует с исследованиями других авторов [11]. В случае с высадкой разных типов эксплантов было отмечено, что после посадки верхушек побегов доля укоренившихся эксплантов по прошествии периода субкультивирования была меньше, чем после посадки узловых сегментов (рис. 2, 3). Это свидетельствует о более высокой ризогенной способности растений при использовании узловых сегментов в качестве эксплантов.

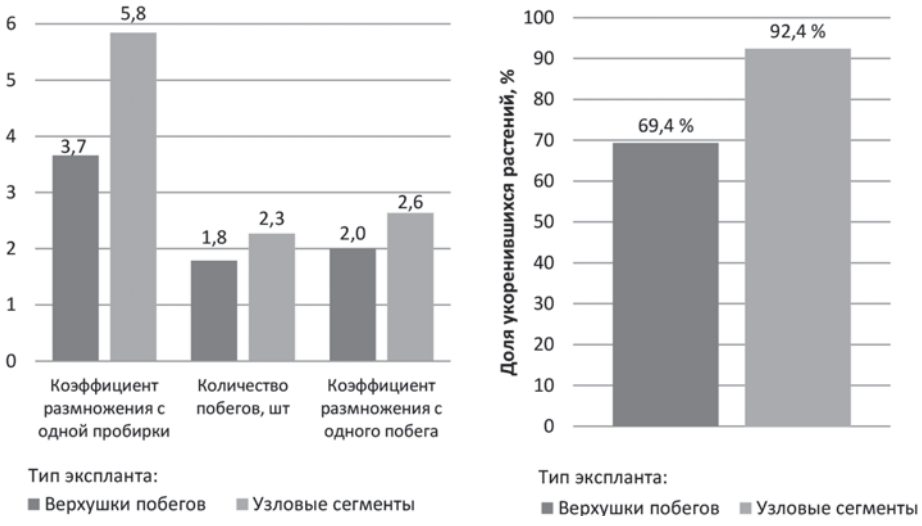
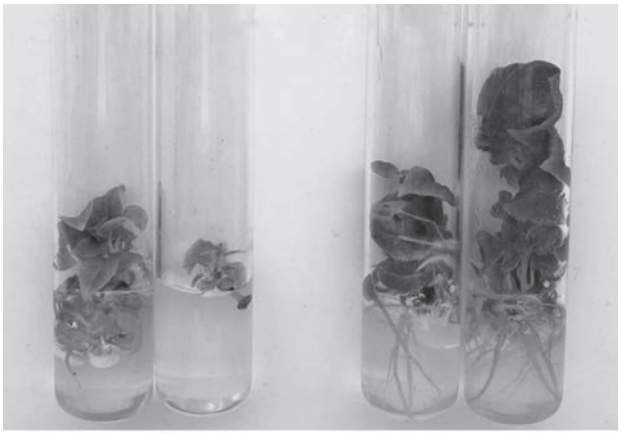


Рис. 2. Основные показатели развития растений-регенерантов в культуре *in vitro* после субкультивирования разных типов эксплантов (приведены средние значения по всем сортам для каждого типа экспланта)



а *б*

Рис. 3. Растения *A. arguta* сорта Киевская крупноплодная после субкультивирования разных типов эксплантов в течение 60 дней: *а* – посаженные верхушки побегов (часть побега с верхушечной почкой); *б* – посаженные узловые сегменты с 2–3 пазушными почками

Проведенный однофакторный дисперсионный анализ показал значимое влияние типа экспланта на коэффициент размножения с одной пробирки, количество побегов в одной пробирке, коэффициент размножения с одного побега, долю укоренившихся растений ($p < 0,05$).

Было выявлено влияние генотипа на коэффициент размножения растений с одной пробирки, количество побегов в одной пробирке, коэффициент размножения с одного побега, долю укоренившихся растений. Помимо ранее отмеченного значимого влияния типа экспланта на эти показатели, с использованием однофакторного дисперсионного анализа также была выявлена статистически значимая разница в **коэффициенте размножения с одной пробирки** у растений разных видов (между *A. kolomikta* и *A. arguta*) и у растений разного пола. Наибольшие значения коэффициента размножения с одной пробирки были отмечены у растений *A. arguta* – 5,6 (у *A. kolomikta* – 4,2) и у растений мужской формы – 6,5 (у женской формы – 4,2). Статистически значимая разница в коэффициенте размножения из одной пробирки, согласно однофакторному дисперсионному анализу, была выявлена между сортами Превосходная, Сентябрьская, Киевская крупноплодная и сортами Камандор, Прывабны. Наибольшие коэффициенты размножения были отмечены при посадке узловых сегментов у сортов Прывабны и Камандор (7,5 и 7,9 соответственно). Двухфакторный дисперсионный анализ подтвердил влияние сорта и типа экспланта на коэффициент размножения с одной пробирки, однако совместного влияния этих факторов выявлено не было. На рис. 4 результаты двухфакторного статистического анализа отражены более подробно.

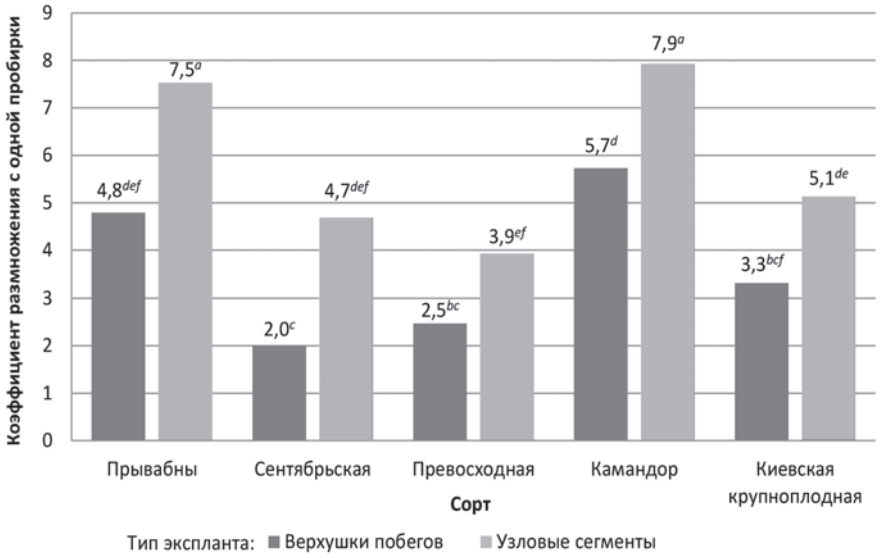


Рис. 4. Влияние типа экспланта и сорта на коэффициент размножения с одной пробирки растений-регенерантов актинидии

П р и м е ч а н и е. Данные с одинаковыми буквами статистически не различаются при $p < 0,05$ (критерий Дункана).

По показателю **количества побегов в одной пробирке** с помощью однофакторного дисперсионного анализа была выявлена статистически значимая разница у растений разных видов (1,8 шт. у *A. kolomikta* и 2,4 шт. у *A. arguta*) и отсутствие значимой разницы между растениями разного пола (2,2 шт. у мужской формы и 1,9 – у женской). Для сортов статистическая значимая разница была выявлена между сортом Превосходная и всеми остальными исследуемыми сортами (у сорта Превосходная в среднем для обоих типов эксплантов отмечено наименьшее количество побегов – 1,4 шт.); между сортами Сентябрьская и Киевская крупноплодная; между сортами Прывабны и Киевская крупноплодная. Наибольшее значение количества побегов в одной пробирке было получено при использовании узловых сегментов у сорта Киевская крупноплодная (3,1 шт.). С помощью двухфакторного дисперсионного анализа также было подтверждено влияние сортовых особенностей и типа экспланта на количество побегов в одной пробирке (рис. 5), однако совместного влияния этих факторов выявлено не было.

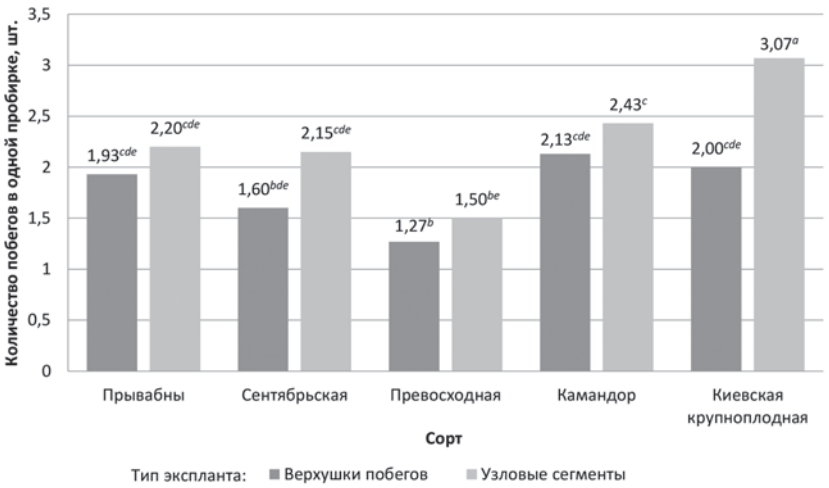


Рис. 5. Влияние типа экспланта и сорта на количество побегов в одной пробирке растений-регенерантов актинидии
П р и м е ч а н и е. Данные с одинаковыми буквами статистически не различаются при $p < 0,05$ (критерий Дункана).

Статистически значимая разница выявлена в **коэффициенте размножения с одного побега** между растениями разного пола (3,0 у растений мужской формы и 1,7 у растений женской формы). Между растениями разных видов статистически значимой разницы по этому показателю не было обнаружено (2,4 у растений *A. kolomikta* и 2,3 у растений *A. arguta*). Для сортов статистически значимая разница была выявлена у сорта Превосходная и всех остальных исследуемых; у сортов Сентябрьская, Киевская крупноплодная (в среднем для обоих типов эксплантов отмечены наименьшие значения коэффициента размножения с одного побега – 1,7 и 1,8 соответственно) по сравнению со всеми остальными исследуемыми сортами; у сортов Прывабны, Камандор (в среднем для обоих типов эксплантов отмечены наибольшие коэффициенты размножения с одного побега – 3,0) по сравнению со всеми остальными исследуемыми сортами. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа были аналогичны полученным по предыдущим исследуемым показателям: сортовые особенности и тип экспланта оказывали значимое влияние на коэффициент размножения с одной пробирки (рис. 6), при этом совместного влияния этих факторов выявлено не было.

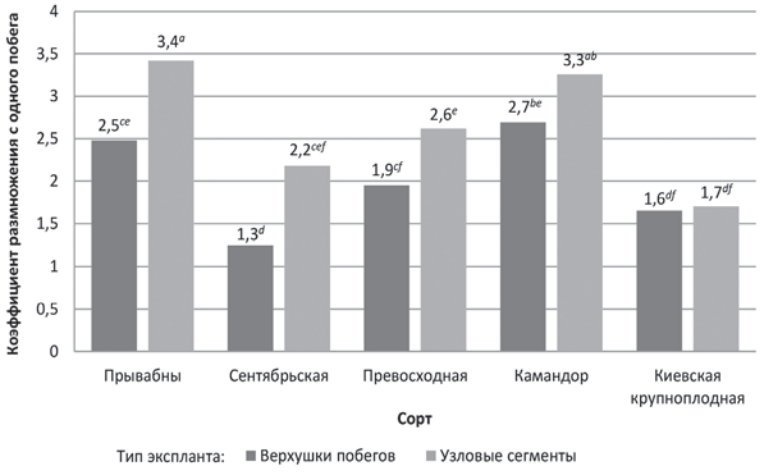


Рис. 6. Влияние типа экспланта и сорта на коэффициент размножения с одного побега растения-регенеранта актинидии
П р и м е ч а н и е. Данные с одинаковыми буквами статистически не различаются при $p < 0,05$ (критерий Дункана).

Ризогенная способность эксплантов также отличалась у растений разных видов, форм и сортов. Однофакторный дисперсионный анализ позволил выявить статистически значимое

влияние фактора пола на долю укорененных растений-регенерантов (78,5 % у мужской формы и 90,0 % у женской формы), при этом влияния фактора вида обнаружено не было (82,2 % у *A. kolomikta* и 82,0 % у *A. arguta*). Статистически значимая разница в доле укорененных растений была выявлена между сортами Киевская крупноплодная (наименьший показатель укореняемости в среднем для обоих типов эксплантов – 70,7 %) и Камандор (наибольший показатель укореняемости в среднем для обоих типов эксплантов – 93,3 %), а между остальными сортами статистически значимой разницы выявлено не было. Наибольшая доля укорененных растений была у сортов Прывабны и Камандор при посадке узловых сегментов – 100 %.

Двухфакторный дисперсионный анализ позволил выявить значимое влияние сортовых особенностей и типа экспланта на долю укорененных растений (рис. 7), при этом совместного влияния этих факторов выявлено не было.

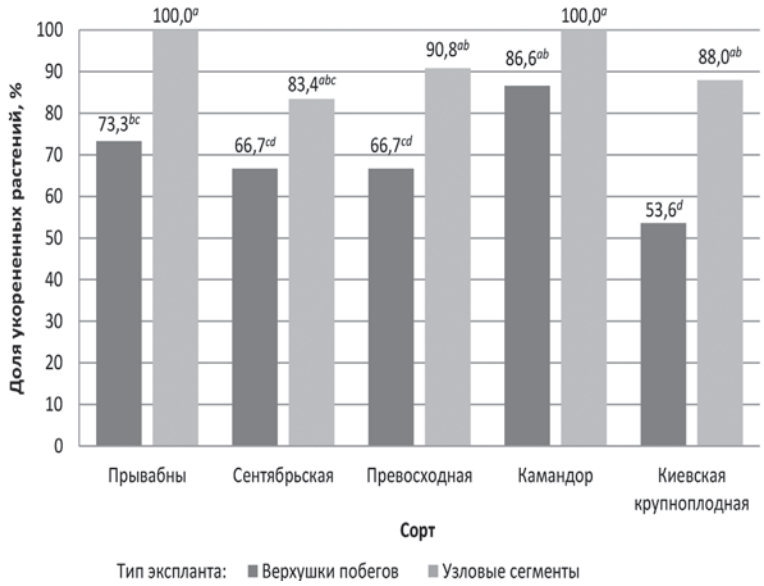


Рис. 7. Влияние типа экспланта и сорта на долю укорененных растений-регенерантов актинидии.

П р и м е ч а н и е. Данные с одинаковыми буквами статистически не различаются при $p < 0,05$ (критерий Дункана).

ВЫВОДЫ

При поддержании *in vitro* коллекции видов актинидии разных сортов и форм путем пересадок каждые 60 дней на среде MS с добавлением 0,5 мг/л 6-БА, 15 г/л глюкозы и 15 г/л сахарозы наибольшие показатели коэффициента размножения с одной пробирки, количества побегов в одной пробирке, коэффициента размножения с одного побега и укореняемости получены при использовании узловых сегментов в качестве экспланта. Статистический анализ подтвердил достоверное влияние типа экспланта на вышеперечисленные показатели для всех сортов и форм актинидии.

Установлено влияние генотипа на параметры микроразмножения побегов актинидии при поддержании коллекции *in vitro*. Отмечено достоверное влияние сорта на все исследуемые показатели вне зависимости от типа экспланта. При этом видовая принадлежность оказывала достоверное влияние только на коэффициент размножения с одной пробирки и количество побегов в одной пробирке, а пол растений – на коэффициент размножения с одной пробирки, коэффициент размножения с одного побега и долю укорененных растений.

По результатам исследования можно заключить, что для ускоренного размножения и получения большого количества посадочного материала подходит использование всех типов эксплантов, в то время как для сохранения коллекции и поддержания пролиферирующей и ризогенной способности растений-регенерантов более подходящими эксплантами являются узловые сегменты побега с 2–3 пазушными почками.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Крахмалева, И. Л. Перспективные сорта *Actinidia polygama* (Sieb. et Zucc.) Maxim. и особенности их культивирования *in vitro* / И. Л. Крахмалева, О. И. Молканова, И. В. Митрофанова // Наследие академика Н. В. Цицина: ботанические сады. Отдаленная гибридизация растений и животных : материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 125-летию акад. Н. В. Цицина, М., 3–7 июля 2023 г. / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Гл. ботан. сад им. Н. В. Цицина Рос. акад. наук, Совет ботан. садов России [и др.] ; под ред. С. А. Сенатора, В. П. Упелниека. – М., 2023. – С. 17–19.

2. Малаева, Е. В. Сохранение редких и ценных видов растений методами биотехнологии / Е. В. Малаева // Грани познания. – 2021. – № 6 (77). – С. 58–61.

3. Размножение плодовых, ягодных растений, винограда и хмеля в культуре *in vitro* / Н. В. Кухарчик, М. С. Кастрицкая, Е. В. Колбанова [и др.] ; под общ. ред. Н. В. Кухарчик. – Минск : Колорград, 2021. – 400 с.

4. Brundell, D. J. Flower development of the Chinese Gooseberry (*Actinidia chinensis* Planch.) I. Development of the flowering shoot / D. J. Brundell // New Zealand Journal of Botany. – 1975. – Vol. 13. – P. 473–483.

5. Ferguson, A. R. Kiwifruit: a botanical review / A. R. Ferguson // Horticultural Reviews. – 1984. – Vol. 6. – P. 1–64.

6. Quantitative analysis of shoot development and branching patterns in *Actinidia* / A. Seleznyova, G. Thorp, A. Barnett, E. Costes // Annals of botany. – 2002. – Vol. 89. – P. 471–482.

7. Foster, T. M. Independent control of organogenesis and shoot tip abortion are key factors to developmental plasticity in Kiwifruit (*Actinidia*) / T. M. Foster, A. N. Seleznyova, A. M. Barnett // Annals of botany. – 2007. – Vol. 100. – P. 471–481.

8. Генофонд плодовых и ягодных растений Беларуси: атлас сортов плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда / З. А. Козловская, А. А. Таранов, Л. В. Фролова [и др.] ; под общ. ред. З. А. Козловской, А. А. Таранова ; НАН Беларуси, Ин-т плодоводства. – Минск : Беларус. навука, 2020. – 542 с.

9. Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // Physiologia Plantarum. – 1962. – Vol. 15, iss 3. – P. 473–497.

10. Морозова, М. Д. Ризогенез *in vitro* и адаптация *ex vitro* мужских форм актинидии (*Actinidia* Lindl.) / М. Д. Морозова // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2023. – Т. 35. – С. 100–105.

11. Высоцкий, В. А. Особенности клонального микроразмножения актинидии / В. А. Высоцкий, Л. В. Бартенева // Биология культивируемых клеток и биотехнология растений : сб. ст. / АН СССР, Ин-т физиологии растений им. К. А. Тимирязева ; отв. ред. Р. Г. Бутенко. – М., 1991. – С. 213–216.

ESTABLISHMENT AND MAINTENANCE OF AN *IN VITRO* COLLECTION OF ACTINIDIA (*ACTINIDIA* LINDL.) CULTIVARS

M. D. MOROZOVA, N. V. KUKHARCHIK

Abstract

A review of the literature on the morphological characteristics of *Actinidia* suggested that, for effective preservation of plants in *in vitro* culture, subculturing nodal segments with 2–3 axillary buds should be prioritized. The study was conducted at the Biotechnology Department of the Republican Unitary Enterprise Institute of Fruit Growing during 2024–2025. The objects of study were male and female forms of two *Actinidia* species: *A. kolomikta* – Pryvabny (male), Sentyabrskaya, and Prevoshodnaya (female); *A. arguta* – Kamandor (male), and Kievskaya Krupnoplodnaya (female). The effectiveness of proliferation in *in vitro* culture was assessed by the following parameters: multiplication rate per test tube, number of shoots per test tube, multiplication rate per shoot, and percentage of rooted plants. The influence of explant type, species, sex, and cultivar-specific traits on the studied parameters was analyzed. The best proliferation efficiency was achieved using nodal segments during subculturing. Nodal segments with 2–3 axillary buds were found to be the most suitable explants for maintaining the collection and preserving the proliferative and rhizogenic potential of regenerant plants.

Keywords: Actinidia Lindl., *Actinidia*, *in vitro* culture, *in vitro* collection, culture medium, explant type, multiplication rate, proliferation, *in vitro* rhizogenesis, Belarus.

Поступила в редакцию 21.02.2025

УДК 634.54:631.52

ВЫДЗЯЛЕННЕ КРЫНІЦ ГАСПАДАРЧА КАРЫСНЫХ ПРЫКМЕТ ФУНДУКУ

В. В. ВАСЕХА, К. А. ЧАРНАВОКАЯ, М. М. БАРЫСЕНКА

РУП «Інстытут пладаводства»,
вул. Кавалёва, 2, аг. Самахвалавічы, Мінскі раён, 223013, Беларусь,
e-mail: witalmin@gmail.com

АНАТАЦЫЯ

У артыкуле прыводзяцца вынікі аналізу калекцыі роду *Corylus* L. па 13 прыкметах (зімаўстойлівасць, талерантнасць да вясновых прымаразкаў падчас цвіцення, тэрмін цвіцення мужчынскіх каташкоў, працягласць перыяду фізіялагічнага пакою, працягласць ювенільнага перыяду, здольнасць да аўтагаміі, колькасць арэхаў у суплоддзі, сярэдняя маса арэха, выхад ядра, форма арэха, таўшчыня шкарлупіны, утрыманне тлушчоў і цукраў), па кожным параметры выдзелены крыніцы для далейшай селекцыйнай працы. Рэкамендавана ўключыць у селекцыйны працэс сарты і гібрыды, якія валодаюць прыкметамі комплексу кліматычнай зімаўстойлівасці, прадукцыйнасці, якасці арэхаў фундуку: Аркадий, Тамбовский ранний, Яшма, Квачоўскі чырвоны № 7, 14-1/22 (F_1 Барселонский), 14-5/5 (F_1 Тамбовский ранний).

Ключавыя словы: фундук, селекцыя, адбор, зімаўстойлівасць, прадукцыйнасць, якасць арэхаў, біяхімічны склад, Беларусь.

УВОДЗІНЫ

Захоўванне, вывучэнне і рацыянальнае выкарыстанне генафонду раслін, у тым ліку і сельскагаспадарчых, з'яўляецца важнай нацыянальнай задачай і ляжыць у аснове ўстойлівага развіцця вытворчасці і харчовай бяспекі. Ва ўмовах антрапагеннага ціску і адбору сартоў для масавага вырошчвання па вузкім наборы прыкмет толькі за кошт генетычнай разнастайнасці сфарміраваных калекцый па кожнай культуры магчыма забяспечыць дзейнасць біялагічных і экалагічных механізмаў прыстасавання да зменлівых кліматычных умоў і ўздзеяння біятычных фактараў (эпіфітотый хвароб, эпізаотый шкоднікаў), у тым ліку з выкарыстаннем метадаў селекцыі [1, 2].

Вывучэнне ва ўмовах Беларусі патэнцыялу адаптыўнасці інтрадуцыраваных сартоў і вылучэнне генатыпаў па асноўных селекцыйных прыкметах з'яўляецца абавязковай і неад'емнай часткай працы, накіраванай на стварэнне беларускіх сартоў новай генерацыі [3]. Зрабіць выснову аб мэтазгоднасці вырошчвання фундуку ва ўмовах новых экатопаў у зонах рызыкоўнага земляробства магчыма толькі на падставе даследавання асаблівасцей феналогіі і поўнага біялагічнага цыкла развіцця ў рэгіёне для максімальна разнастайных па паходжанні сартоў культуры [4]. Пачынаючы з 2010 г. пад кіраўніцтвам З. А. Казлоўскай пачаўся актыўны збор калекцыі роду *Corylus* L. на базе РУП «Інстытут пладаводства», якая ўключала як сарты рознага геаграфічнага паходжання, так і мясцовыя формы ляшчыны. Дзякуючы праведзенай сістэматызацыі атрыманых даных для цэлага шэрага камерцыйных сартоў у кліматычных умовах Беларусі, у 2019 г. у дзяржаўны рэестр сартоў сельскагаспадарчых раслін былі ўключаны першыя інтрадуцыраваныя сарты для прамысловай вытворчасці – Косфорд, Барселонский, Каталонский [5–7].

Паколькі зніжэнне ўраджайнасці і абмяжоўванне магчымасцей стабільнага плоданашэння фундуку непасрэдна звязаны з уплывам лімітуючых фактараў навакольнага асяроддзя, то поруч з высокай прадукцыйнасцю і якасцю ядра асаблівую ўвагу неабходна звяртаць на адбор генатыпаў з устойлівасцю да ўздзеяння нізкіх тэмператур зімой і падчас цвіцення [8]. Фарміраванне мэтавых калекцый крыніц гаспадарча карысных прыкмет на падставе дэтальнага аналізу базавага пула абразцоў фундуку дазволіць аптымізаваць і ўдасканаліць падыходы да выбару зыходных бацькоўскіх форм для селекцыі.

АБ'ЕКТЫ, УМОВЫ І МЕТАДЫ ДАСЛЕДАВАННЯЎ

Даследаванні праводзілі ў садзе 2018 году пасадкі на працягу 2020–2024 гг. Схема размяшчэння дрэў – 4 × 2 м, фарміраванне раслін – штамбавае дрэва, утрыманне міжраддзяў – натуральны газон. Глеба на ўчастку дзярнова-падзолістая, сяроднеападзоленая, якая развіваецца на магутных лёсападобных суглінках. На працягу сезона выконвалі ахоўныя мерапрыемствы супраць шкоднікаў, хвароб і пустазелля.

Аб'ектам даследавання з'яўлялася калекцыя роду *Corylus* L., якая ўключае 221 абразец, у тым ліку 49 сартоў рознага геаграфічнага паходжання, 3 мясцовыя формы ляшчыны, 169 адборных гібрыдаў беларускай селекцыі.

Даследаванне праводзілі згодна з «Генетическими основами и методикой селекции плодовых культур и винограда» (Минск, 2019), феналагічныя назіранні ў фундуковым садзе праводзілі згодна з «Consolidated BBCH scale for hazelnut phenotyping» (J. Toillon, R. Hamidi, A. Paradinas et al., 2023) [9, 10]. Характарыстыка метэаўмоў прадстаўлена данымі аграметэаралагічнай станцыі «Мінск» (аг. Самахвалавічы).

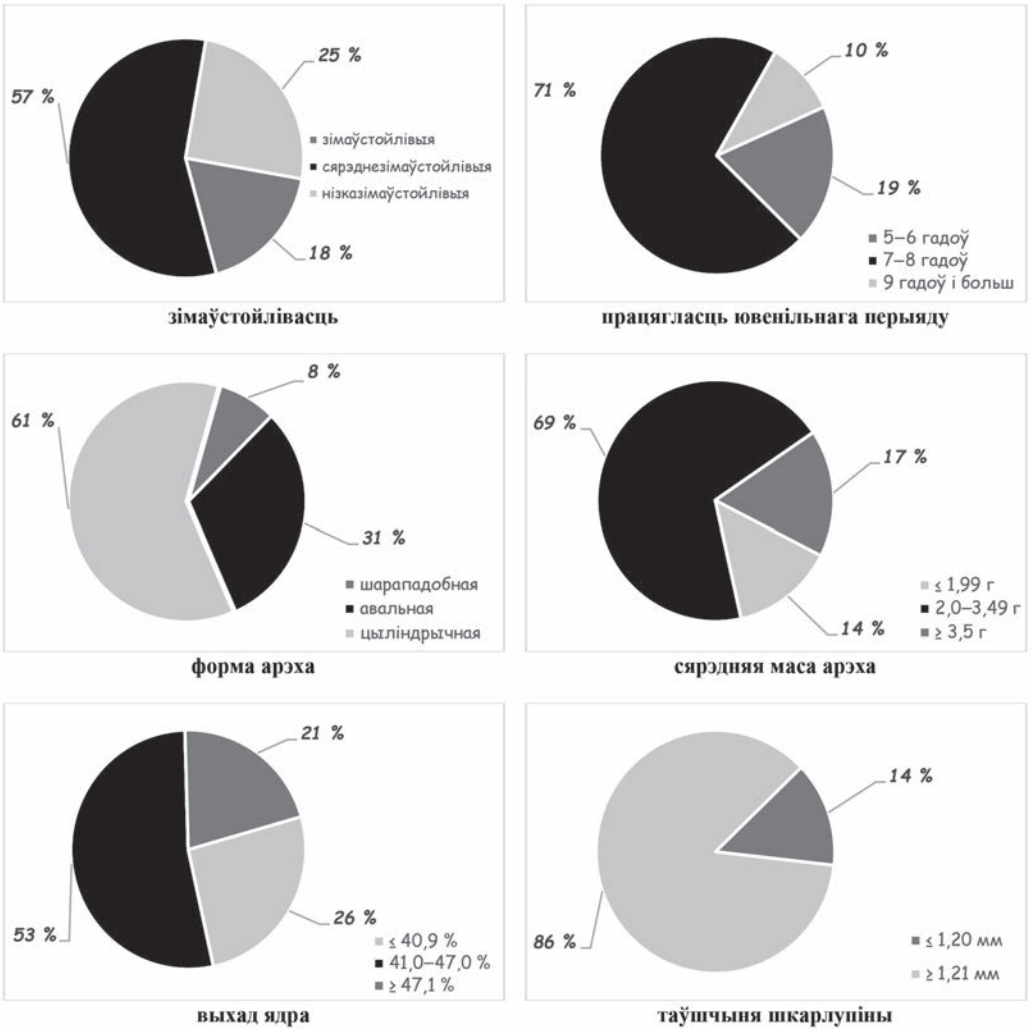
На працягу правядзення назіранняў у асобныя гады ўмовы надвор'я мелі некаторыя асаблівасці, якія паўплывалі на стан і развіццё раслін фундуку. Зімовы перыяд 2020/2021 г. меў шэраг асаблівасцей, якія дазволілі ацаніць успрымальнасць гібрыдаў фундуку да халадовых стрэсаў. Пачынаючы з другой паловы студзеня ўсталявалася зімовае надвор'е з пераважна паніжаным тэмпературным рэжымам, значна ніжэйшым за кліматычную норму. Вельмі халодны перыяд з тэмпературай ніжэй за –20 °С прыйшоўся на 15–19 студзеня, а 17 студзеня быў зафіксаваны мароз на паверхні глебы –28,7 °С. У лютым, ужо ў час вымушанага пакою культуры, можна выдзеліць два крытычныя паніжэнні тэмпературы: 6–8 лютага – з мінімальнай тэмпературай на паверхні глебы –28,1 °С і 18–20 лютага – з яе значэннем –25,2 °С. Такія ўмовы зімы ў спалучэнні з халодным сакавіком аказалі стрымліваючы эфект на тэрмін і працягласць праходжання асноўных феналагічных фаз, і перш за ўсё на цвіценне.

Вегетацыйныя перыяды 2023 і 2024 гг. таксама мелі шэраг асаблівасцей, якія істотна адбіліся на феналогіі і развіцці раслін фундуку. У 2023 г. на пачатку сакавіка сяроднясутачная тэмпература паветра знаходзілася ў межах кліматычнай нормы, а пачынаючы з другой дэкады ўжо пераважна ўсталявалася тэмпература на 2–4 °С вышэй, чым па даным шматгадовых назіранняў. У гэты ж перыяд адзначана масавае цвіценне як жаночых кветак, так і мужчынскіх каташкоў. Аднак у канцы месяца адзначана істотнае пахаладанне, а 31 сакавіка – прымаразак (–6,3 °С), які прыйшоўся якраз на сярэдзіну цвіцення фундуку.

Ва ўмовах 2024 г. у другой палове лютага склаўся цёплы тэмпературны рэжым з сярэдняй тэмпературай паветра на 3,6 °С вышэй за кліматычную норму. Устойлівы пераход сяроднясутачнай тэмпературы праз 0 °С у бок павышэння быў зафіксаваны ўжо 12 лютага, што на 31 дзень раней у параўнанні з 2023 г. Гэта абумовіла ранні тэрмін цвіцення фундуку: для большасці абразцоў пачатак гэтай феналагічнай фазы адзначаны ўжо 25–28 лютага. Далейшае пахаладанне ў сакавіку, якое чаргавалася з частымі адлігамі, справакавала працяглае цвіценне перш за ўсё жаночых кветак (каля 30 дзён). У гэты перыяд масавага цвіцення як жаночых кветак, так і мужчынскіх каташкоў на працягу першай дэкады сакавіка штодзённа адзначалася начное паніжэнне тэмпературы ніжэй 0 °С з істотным прымаразкам у сярэдзіне месяца да –5,1 °С. Такія халадовыя стрэсы дазволілі даць ацэнку талерантнасці даследуемых генатыпаў да вясновых прымаразкаў падчас цвіцення.

ВЫНІКІ ДАСЛЕДАВАННЯЎ І ІХ АБМЕРКАВАННЕ

Сабраная калекцыя з сартоў рознага эколага-геаграфічнага паходжання і сфарміраваны пул адборных генатыпаў беларускай селекцыі, атрыманых на аснове свабоднага апыльвання ў многасортным садзе, а таксама разнастайныя ўмовы надвор'я на працягу перыяду назіранняў дазволілі даць аб'ектыўную ацэнку па шэрагу гаспадарча карысных прыкмет і выдзеліць групы найбольш каштоўных генатыпаў у залежнасці ад напрамку селекцыйнай працы.



Размеркаванне калекцыі фундуку па некаторых гаспадарча карысных прыкметах

Ва ўмовах Беларусі атрыманне высокай якасці арэхаў са стабільнай ураджайнасцю немагчыма без мэтанакіраванага адбору на холадаўстойлівасць. Прычым, на наш погляд, саму талерантнасць генатыпу да нізкіх тэмператур зімой неабходна разглядаць у кантэксце кліматычнай зімаўстойлівасці. Паколькі, як паказаў аналіз надвор'я за зімовыя перыяды 2005–2022 гг., з улікам фізіялагічных асаблівасцей прадстаўнікоў роду *Corylus* L. для Беларусі на першае месца выходзіць не максімальная марозаўстойлівасць, а здольнасць пераносіць хуткае нарастанне маразоў пасля адлігі ў лютым [11].

Намі было выдзелена некалькі асноўных прыкмет комплексу кліматычнай зімаўстойлівасці фундуку: марозаўстойлівасць, талерантнасць да вясновых прымаразкаў падчас цвіцення, позні тэрмін цвіцення мужчынскіх каташкоў, працяглы перыяд фізіялагічнага пакою. Як паказаў аналіз калекцыі, доля абразцоў са ступенню пашкоджання пасля суровай зімы 2020/2021 г. не больш чым на 3 балы склала 18 % (гл. малюнак). Нізкі ўзровень зімаўстойлівасці прадэманстравалі 25 % генатыпаў, сярод іх асобныя сарты з каўказскага рэгіёна, якія не змаглі аднавіцца пасля маразабоін і загінулі. З вялікім патэнцыялам устойлівасці да зімовых умоў было выдзелена 7 сартоў і 6 гібрыдаў беларускай селекцыі, галоўным чынам атрыманых з удзелам расійскіх сартоў Академик Яблоков, Тамбовский ранний, Ивантеевский красный (табл. 1).

На працягу двух гадоў – вясной 2023 і 2024 гг. падчас масавага цвіцення жаночых і мужчынскіх кветак – адзначана істотнае пахаладанне з прымаразкамі ніжэй –5…–6 °С, што з улікам нагрузкі ўраджаем у гэтыя гады дазволіла зрабіць выснову аб талерантнасці да вясновых пры-

Табліца 1. **Выдзяленне крыніц прыкмет комплексу кліматычнай зімаўстойлівасці фундуку**

Гаспадарча карысныя прыкметы	Генатып
Зімаўстойлівасць (ступень пашкоджання пасля суровай зімы не больш за 3 балы)	Аркадий, Лена, Варшавский красный, Зелёный Савельева, Тамбовский ранний, Ивантеевский красный, Юннат, 14-1/2 (F_1 Академик Яблоков), 14-1/21, 14-4/11, 14-5/5 (F_1 Тамбовский ранний), 14-7/7 (F_2 Ивантеевский красный), 15-9/45 (F_1 Каталонский)
Талерантнасць да вясновых прымаразкаў падчас цвіцення (ступень плоданашэння вышэй за 7 балаў)	Аркадий, Верула Грдзели, Тамбовский ранний, Московский рубин, Ивантеевский красный, Юннат, Яшма, Квачоўскі зялёны № 7, Syrena, 14-1/7, 14-1/10 (F_1 Академик Яблоков), 14-2/12, 14-2/17 (F_1 Екатерина), 14-3/15 (F_1 Косфорд), 14-3/18 (F_1 Ludolph's Zeller), 14-5/5 (F_1 Тамбовский ранний), 14-6/2, 14-6/8 (F_1 Ивантеевский красный), 15-9/45 (F_1 Каталонский), 15-10/19 (F_1 Барселонский)
Позні тэрмін цвіцення мужчынскіх каташкоў	Барселонский, Веба ценный, Отави 2, Трапезунд, Варшавский красный, Квачоўскі чырвоны № 1, № 3, № 7, 14-1/7 (F_1 Академик Яблоков), 14-4/1 (F_1 Тамбовский ранний), 14-7/7 (F_2 Ивантеевский красный), 15-9/47 (F_1 Каталонский), 15-10/22 (F_1 Варшавский красный)
Працяглы перыяд фізіялагічнага пакою	Академик Яблоков, Ивантеевский красный, Лал, White Lambert, 15-10/19 (F_1 Барселонский)

Табліца 2. **Выдзяленне крыніц прыкмет комплексу прадукцыйнасці фундуку**

Гаспадарча карысныя прыкметы	Генатып
Кароткі ювенільны перыяд (да 6 гадоў)	Аркадий, Тамбовский ранний, Зелёный Савельева, Московский рубин, Московский ранний, Яшма, 14-1/2 (F_1 Академик Яблоков), 14-1/22, 15-10/19 (F_1 Барселонский), 14-2/1, 14-2/3 (F_1 Екатерина), 14-4/2, 14-5/11 (F_1 Тамбовский ранний)
Здольнасць да аўтагаміі (ступень самаплоднасці ≥ 0,5)	Тамбовский ранний, Яшма, 14-1/22 (F_1 Барселонский), 14-2/8 (F_1 Екатерина), 14-1/21, 14-5/5 (F_1 Тамбовский ранний), 14-6/1, 14-6/12 (F_1 Ивантеевский красный), 15-9/41 (F_1 Каталонский)
Высокая колькасць арэхаў у суплоддзі (сярэдняе значэнне не менш за 5 шт.)	Академик Яблоков, Аркадий, Тамбовский ранний, Яшма, Зелёный Савельева, Московский ранний, Екатерина, Red Lambert, Квачоўскі чырвоны № 7, № 8, 14-1/5 (F_1 Академик Яблоков), 14-2/5, 14-2/17 (F_1 Екатерина), 14-5/5 (F_1 Тамбовский ранний), 14-7/12 (F_2 Ивантеевский красный)
Вялікая сярэдняя маса арэха (≥ 3,5 г)	Аркадий, Лал, Исполин, Московский рубин, Квачоўскі чырвоны № 6, № 7, 14-2/18 (F_1 Екатерина), 14-3/3 (F_2 Ивантеевский красный), 14-3/14 (F_1 Косфорд), 14-1/22, 15-9/4, 15-10/19 (F_1 Барселонский), 15-9/37, 15-9/43, 15-9/45 (F_1 Каталонский)

маразкаў падчас цвіцення. На аснове ацэнкі ўзроўню прадукцыйнасці намі было выдзелена 20 абразцоў са ступенню плоданашэння вышэй за 7 балаў на працягу 2023–2024 гг. Важна адзначыць, што невысокая ўспрымальнасць да тэмпературных стрэсаў падчас цвіцення можа быць звязана як з познім тэрмінам цвіцення, перш за ўсё мужчынскіх каташкоў як самых успрымальных да халадоў, так і з працягласцю перыяду фізіялагічнага пакою. Аналіз паказаў, што, як правіла, крыніцы гэтых прыкмет не супадаюць: гэта сведчыць аб разнастайнасці механізмаў прыстасавання да кліматычных умоў канкрэтнай зоны вырошчвання. У якасці зыходнай бацькоўскай формы ў селекцыі на адаптыўнасць да тэмпературных стрэсаў зімы мэтазгодна выкарыстоўваць сорт Ивантеевский красный, які з'яўляецца крыніцай адразу трох прыкмет комплексу кліматычнай зімаўстойлівасці фундуку.

У сувязі з тым, што пры насенным размнажэнні фундук з'яўляецца адной з самых позна ўваходзячых у перыяд плоданашэння садовых культур, то для паскарэння селекцыйнага працэсу вядзецца актыўная праца па вылучэнні зыходнага матэрыялу з прыкметай скараплоднасці. У калекцыі большасць генатыпаў аднесена ў групу з працягласцю ювенільнага перыяду 7–8 гадоў – 71 %. Да найбольш каштоўных адносяцца скараплодныя абразцы, якія рана ўступаюць у перыяд плоданашэння і такім чынам забяспечваюць большую прадукцыйнасць саду з пункту гледжання яго эксплуатацыі на працягу доўгага часу. Намі было выдзелена 13 сартоў і гібрыдаў, у якіх ювенільны перыяд склаў пераважна 5 гадоў (табл. 2). Асобна трэба адзначыць вялікую эфектыўнасць выкарыстання ў якасці зыходнай формы сорту Тамбовский ранний, што дазволіла выдзеліць два новыя сарты, Аркадий і Яшма, прычым апошні выдзяляецца выключнай скараплоднасцю і можа фарміраваць ураджай адразу ў першыя гады пасля пасадкі ў сад.

Яшчэ адной важнай якасцю для паспяховага вырошчвання сартоў фундуку ва ўмовах Беларусі з'яўляецца здольнасць да самаапылення, якую магчыма разглядаць як альтэрнатыўны механізм генатыпу, накіраваны на рэалізацыю патэнцыялу прадукцыйнасці пры дрэнных умовах надвор'я. Усяго было вылучана 2 сарты (Тамбовский ранний, Яшма) і 6 гібрыдаў рознага генетычнага паходжання (14-1/22 (F_1 Барселонский), 14-2/8 (F_1 Екатерина), 14-1/21, 14-5/5 (F_1 Тамбовский ранний), 14-6/1, 14-6/12 (F_1 Ивантеевский красный), 15-9/41 (F_1 Каталонский)), для якіх характэрны не толькі высокая фертыльнасць пылку, але і выражаная аўтагамія.

Большасць сартоў фарміруе плюскі, як правіла, з 3–4 пладамі, асобныя генатыпы – пераважна з 2–3 арэхамі. Пры фарміраванні ўраджаю значную ролю адыгрывае як колькасць карыснай завязі, так і нагрузка аднаго пункта плоданашэння, таму вылучэнне для селекцыйнай працы абразцоў, якія забяспечваюць стабільнае атрыманне не менш за 5 арэхаў у суплоддзі – адзін з шляхоў атрымання новых высокаўраджайных сартоў. Намі было выдзелена 15 форм пераважна расійскай і беларускай селекцыі з высокім сярэднім значэннем колькасці арэхаў у плюсцы.

Сярэдняя маса плода як памалагічная прыкмета таксама з'яўляецца значным элементам у фарміраванні агульнага ўзроўню ўраджайнасці. Большасць абразцоў калекцыі мелі сярэднюю масу арэха ў межах 2,00–3,49 г – 69 %, доля з буйнымі арэхамі (≥ 3,5 г) склала 17 %. Усяго для далейшага ўключэння ў гібрыдызацыю выдзелена 15 генатыпаў, прычым для сартоў Лал, Исполин, Московский рубин і адборных форм Квачоўскі чырвоны № 6, № 7, 15-10/19 (F_1 Барселонский), 15-9/43 (F_1 Каталонский) характэрна сярэдняя маса не менш за 4,0 г. У якасці крыніц адразу 3 прыкмет комплексу прадукцыйнасці выдзелены сарты Аркадий, Тамбовский ранний, Яшма і гібрыд 14-1/22 (F_1 Барселонский).

Патрабаванні рынку абавязваюць вырошчваць сарты, якія па якасці арэхаў адпавядаюць сучаснай вытворчасці. Даследаванне калекцыі фундуку паказала даволі значную варыябельнасць выхаду ядра. У самую вялікую групу былі аднесены абразцы з паказчыкам 41,0–47,0 %, аднак трэба адзначыць, што больш за чвэрць калекцыі мела суадносіны масы ядра да масы арэха менш за 41 %. У якасці крыніц з высокім выхадам ядра (≥ 48,0 %) для далейшых мэтанакіраваных скрыжаванняў было выдзелена 19 генатыпаў рознага геаграфічнага паходжання (табл. 3).

Табліца 3. **Выдзяленне крыніц прыкмет комплексу якасці арэхаў фундуку**

Гаспадарча карысныя прыкметы	Генатып
Высокі выхад ядра (≥ 48,0 %)	Ата-Баба, Аркадий, Лал, Юннат, White Lambert, Ludolph's Zeller, 14-1/3, 14-1/8, 14-1/11 (F_1 Академик Яблоков), 14-2/1, 14-2/13 (F_1 Екатерина), 14-3/15 (F_1 Косфорд), 14-4/13 (F_1 Тамбовский ранний), 14-6/2, 14-6/3, 14-6/15, 14-7/1 (F_1 Ивантеевский красный), 15-9/7 (F_1 Барселонский), 15-9/52 (F_1 Каталонский)
Шарападобная форма арэха (каэфіцыент формы ≥ 0,94)	Ата-Баба, Барселонский, Лена, Каталонский, Касумкент, Харьков, Barcelona, Jefferson, Nocchione, Tonda di Giffoni, 14-1/22, 15-9/1, 15-9/9 (F_1 Барселонский), 14-4/21 (F_2 Ивантеевский красный)
Таўшчыня шкарлупіны ≤ 1,20 мм	Ата-Баба, Тамбовский ранний, Касумкент, 14-1/4, 14-1/5, 14-1/6, 14-1/11 (F_1 Академик Яблоков), 14-1/21, 14-4/6, 14-4/13 (F_1 Тамбовский ранний), 14-3/18 (F_1 Ludolph's Zeller), 14-6/2, 14-6/3, 14-6/15, 14-7/1 (F_1 Ивантеевский красный), 15-9/2 (F_1 Барселонский), 15-9/59, 15-9/61 (F_1 Каталонский)
Высокае ўтрыманне тлушчоў (≥ 67 %)	Ивантеевский красный, Тамбовский ранний, Яшма, 14-1/12 (F_1 Академик Яблоков), 14-1/21, 14-4/5, 14-5/5 (F_1 Тамбовский ранний), 14-1/22 (F_1 Барселонский), 14-2/12 (F_1 Екатерина), 14-3/2 (F_2 Ивантеевский красный), 14-6/1, 14-6/2, 14-6/11 (F_1 Ивантеевский красный), 15-9/35, 15-9/45, 15-9/50 (F_1 Каталонский)
Сума цукраў ≥ 7,5 %	Квачоўскі чырвоны № 2, № 6, № 7, № 8, Квачоўскі зялёны № 7, 14-1/12 (F_1 Академик Яблоков), 14-2/17 (F_1 Екатерина), 14-5/9, 14-5/11 (F_1 Тамбовский ранний), 14-6/12 (F_1 Ивантеевский красный), 15-9/47, 15-9/52, 15-9/60 (F_1 Каталонский)

Спажывецкія традыцыі ў буйных гандлёвых сетках і комплекс машын па дапрацоўцы фундуку вызначаюць шарападобную ці блізкую да яе форму арэхаў як больш пажаданую. У калекцыі сабраны абразцы, якія на аснове разліку каэфіцыента формы як суадносіны значэння асераднёнага дыяметра да вышыні арэха былі падзелены на тры групы: шарападобныя (≥ 0,94), авальныя (0,93–0,75) і цыліндрычныя (≤ 0,74). Большасць генатыпаў мела цыліндрычныя плады,

амаль траціна – авальную форму, і толькі для 8 % характэрна шарападобная форма арэхаў. Для далейшай селекцыі ў гэтым напрамку ў якасці крыніц дадзенай прыкметы вылучаны 14 сартоў і адборных гібрыдаў беларускай селекцыі. Аналіз адносна параметра «таўшчыня шкарлупіны» паказаў, што генатыпаў з тонкай шкарлупінай (≤ 0,80 мм) у калекцыі выдзелена не было, а для большасці абразцоў (86 %) гэты паказчык склаў ≥ 1,21 мм. Выдзелены 18 генатыпаў, якія характарызаваліся сярэдняй таўшчынёй шкарлупіны, а для адборных форм 14-1/4 (F_1 Академик Яблоков) і 14-4/13 (F_1 Тамбовский ранний) гэты паказчык склаў менш за 1,0 мм. У якасці крыніцы прыкмет комплексу якасці арэхаў фундуку можна выдзеліць сорт Ата-Баба, які па трох прааналізаваных паказчыках прадэманстраваў высокі ўзровень.

Як паказаў біяхімічны аналіз арэхаў ураджаяў 2021–2024 гг., значэнні асноўных паказчыкаў: колькасці тлушчоў, сумы цукраў, масавай долі сухіх рэчываў – мелі даволі вялікую розніцу як паміж прааналізаванымі генатыпамі, так і па гадах назіранняў. Высокае ўтрыманне тлушчоў (≥ 67 %) мае прыярытэтнае значэнне з пункту гледжання перапрацоўкі (атрыманне алею, пасты і г. д.). Сярод прааналізаваных абразцоў вылучана 18 сартоў і гібрыдаў з гэтым параметрам, а для шэрагу адборных форм беларускай селекцыі характэрна накапленне больш за 70 % тлушчоў – 14-2/12 (F_1 Екатерина), 14-6/2 (F_1 Ивантеевский красный), 15-9/35, 15-9/45 (F_1 Каталонский). На смак арэхаў даволі моцна ўплывае колькасць цукраў, якая ўтрымліваецца ў пладах. Сярод абразцоў калекцыі гэты паказчык змяняўся ў даволі шырокіх межах – ад 3,5 да 10,0 %. У якасці каштоўных крыніц для далейшай селекцыйнай працы ў напрамку паляпшэння біяхімічнага складу арэхаў намі было выдзелена 13 генатыпаў, прычым гібрыды 14-1/12 (F_1 Академик Яблоков), 15-9/47, 15-9/52 (F_1 Каталонский) ва ўмовах цэнтральнай Беларусі здольны дасягаць па суме цукраў значэнняў 9,0–10,0 %. З пункту гледжання багатага біяхімічнага складу арэхаў асобна неабходна выдзеліць адборную форму 14-1/12, для якой характэрны не толькі высокія паказчыкі сумы цукраў, але і ўтрыманне тлушчоў больш за 67 %.

ВЫНІКІ

Праведзеныя феналагічныя назіранні і аналіз даных дазволілі для далейшай селекцыйнай працы вылучыць сярод калекцыі фундуку крыніцы 13 гаспадарча карысных прыкмет для стварэння новага зыходнага матэрыялу і выдзялення адаптыўных сартоў.

Для далейшага ўдасканальвання сартавога складу фундуку ў Беларусі за кошт выдзялення новых генатыпаў з высокай прадукцыйнасцю і якасцю арэхаў, здольных за кошт розных механізмаў экалагічнай пластычнасці рэалізоўваць свой патэнцыял ва ўмовах умерана халоднага клімату з улікам асаблівасцей зімовага перыяду ў Беларусі, рэкамендуецца ўключыць у селекцыйны працэс сарты і гібрыды, якія валодаюць прыкметамі комплексу кліматычнай зімаўстойлівасці, прадукцыйнасці, якасці арэхаў фундуку: Аркадий, Тамбовский ранний, Яшма, Квачоўскі чырвоны № 7, 14-1/22 (F_1 Барселонский), 14-5/5 (F_1 Тамбовский ранний).

СПІС ВЫКАРЫСТАНЫХ КРЫНІЦ

1. Генетические ресурсы растений Республики Беларусь – первооснова продовольственной, природоохранной и биологической безопасности страны / Ф. И. Привалов, А. В. Кильчевский, С. И. Гриб [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2018. – Т. 56, № 3. – С. 304–320.

2. Дзюбенко, Н. И. Генетические ресурсы культурных растений – основа продовольственной и экологической безопасности России / Н. И. Дзюбенко // Вестник Российской академии наук. – 2025. – Т. 85, № 1. – С. 3–8.

3. Козловская, З. А. Состав и использование коллекции яблони в Беларуси / З. А. Козловская // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2015. – Т. 176, № 1. – С. 47–58.

4. Инновационная технология выращивания фундука в условиях юга и центрального Черноземья / В. Г. Махно, Т. Д. Беседина, Э. К. Пчихачев [и др.] ; Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т цветоводства и субтроп. культур. – Белгород : ЛитКараВан, 2014. – 305 с.

5. Козловская, З. А. Орехоплодные культуры в Беларуси / З. А. Козловская, С. А. Ярмолич // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы XIII междунар. конф., г. Сочи, 4–8 июня 2018 г. / РАН, Федер. агентство науч. орг., М-во сел. хоз-ва РФ [и др.] ; програм. ком.: П. Ф. Кононков [и др.]. – М., 2018. – С. 69–73.

6. Козловская, З. А. Лещина. Дикие виды и фундук / З. А. Козловская, Н. В. Луговцова // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 30. – С. 289–303.

7. Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений ; ред. В. А. Бейня ; сост.: Т. В. Семашко [и др.]. – Минск : [б. и.], 2023. – 300 с.

8. Васеха, В. В. Біялагічныя асаблівасці развіцця і прадукцыйнасць сартоў фундуку расійскай селекцыі пасля суровай зімы 2020–2021 гг. / В. В. Васеха, К. А. Чарнавокая // Селекция и генетика: инновации и перспективы : сб. ст. по материалам II Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию д-ра с.-х. наук, проф. В. И. Бушуевой, г. Горки, 11 февр. 2022 г. / Белорус. гос. с.-х. акад. ; редкол.: Г. И. Витко [и др.]. – Горки, 2022. – С. 180–184.

9. Генетические основы и методика селекции плодовых культур и винограда / З. А. Козловская, С. А. Ярмолич, О. А. Якимович [и др.] ; под общ. ред. З. А. Козловской. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 249 с.

10. Consolidated BBCH scale for hazelnut phenotyping / J. Toillon, R. Hamidi, A. Paradinas [et al.] // Acta Horticulturae : proc. X Intern. congr. on hazelnut, Corvallis, OR (United States of America), 5–9 Sept. 2022 / Oregon State University ; ed. S. A. Mehlenbacher. – Corvallis, 2023. – № 1379. – P. 159–168.

11. Совершенствование метода прямого промораживания орехоплодных культур с учетом изменяющихся климатических условий / В. В. Васеха, С. А. Ярмолич, М. Н. Борисенко, К. А. Черноокая // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2024. – № 91. – С. 76–90.

IDENTIFICATION OF SOURCES OF ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS IN HAZELNUT

V. V. VASEKHA, K. A. CHARNAVOKAYA, M. M. BARYSENKA

Abstract

The article presents the results of an analysis of a *Corylus L.* collection based on 13 traits (winter hardiness, tolerance to spring frost during flowering, flowering time of male catkins, duration of physiological dormancy, duration of the juvenile period, capacity for autogamy, number of nuts per infructescence, average nut weight, kernel yield, nut shape, shell thickness, fat and sugar content). For each parameter, sources were identified for use in further breeding. It is recommended to include cultivars and hybrids in the breeding process that exhibit a combination of traits for climatic winter hardiness, productivity, and nut quality: Arkadiy, Tambovsky Ranniy, Yashma, Kvachovsky Red No. 7, 14-1/22 (F_1 Barselonsky), 14-5/5 (F_1 Tambovsky Ranniy).

Keywords: hazelnut, breeding, selection, winter hardiness, productivity, nut quality, biochemical composition, Belarus.

Поступила в редакцию 18.02.2025

УДК 634.54:631.526.32(476)

ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОРТОВ ФУНДУКА БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ И ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ ОРЕХОВ

В. В. ВАСЕХА[1], Л. Ю. ТЫЧИНСКАЯ[2], Е. Д. СКАКОВСКИЙ[2], С. Е. БОГУШЕВИЧ[3], И. Н. ОСТАПЧУК[1]

[1]РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: witalmin@gmail.com
[2]ГНУ «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси»,
ул. Сурганова, 13, г. Минск, 220072, Беларусь,
e-mail: sed@ifoch.bas-net.by
[3]ГНУ «Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси»,
ул. Академика В. Ф. Купревича, 5, корп. 2, г. Минск, 220141, Беларусь

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся данные по результатам изучения хозяйственных и биологических особенностей белорусских сортов фундука Яшма, Лал, Аркадий. Определены сроки, тип цветения, необходимая сумма эффективных температур выше 0 °С для выхода из состояния покоя мужских сережек и женских цветков. Установлены различия между изучаемыми сортами в характере распределения урожая в зависимости от длины побега. За период наблюдений 2022–2024 гг. приведены средние значения по показателям массы орехов в скорлупе и выхода ядра. Проведен биохимический анализ орехов, определены: сумма сахаров (6,0–7,4 %), содержание сухих веществ (96,4–97,5 %) и жиров (63,9–67,1 %). На основании исследования жирнокислотного состава масла орехов методом ЯМР показано, что масла исследованных белорусских сортов состоят практически только из триацилглицеридов жирных кислот – главным образом олеиновой, линолевой, пальмитиновой и пальмитолеиновой – со значительным преобладанием олеиновой кислоты. В орехах фундука, выращенных в условиях Беларуси, определен минеральный состав и доля от суточной нормы следующих макро- и микроэлементов: Ca, Fe, Mg, Mn, K, Cu, Zn.

Ключевые слова: фундук, селекция, сорт, фенология, урожай, биохимический состав, пищевая ценность, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

На территории Беларуси попытки ввести в культуру отборные формы повсеместно произрастающей лещины обыкновенной были неоднократными на протяжении XX в. На начальных этапах работы для отбора зимостойких форм со стабильным плодоношением довольно активно изучались естественные лещинники страны [1]. Селекционная работа по созданию белорусских сортов фундука была начата в БелНИИ плодоводства Э. П. Сюбаровой в 1940-е гг. Оценка созданного гибридного фонда и изучение амплитуды изменчивости основных хозяйственно ценных признаков лещины были проведены П. И. Хрипачём в конце 1970-х гг. Им же были выделены первые перспективные гибриды для дальнейшей хозяйственной оценки [2]. Однако в то время, за исключением закладки небольших участков и опытно-производственных плантаций в лесхозах Беларуси в начале 1980-х гг., дальнейшее развитие данное направление не получило [3].

Новый этап в развитии направления по селекции фундука начался с 2010 г. под руководством З. А. Козловской. Была сформирована коллекция образцов рода *Corylus* L., которая включает сорта различного эколого-географического происхождения и местные формы диких видов лещины. Вместе с тем с учетом избирательности в процессе оплодотворения для создания гибридного фонда активно применялся метод посева от свободного опыления сортов в многосортном саду, что позволило сформировать пул отборных генотипов фундука белорусской селекции. Наряду с высокой урожайностью и качеством ядра особое внимание в селекционной работе было акцентировано на отбор генотипов с устойчивостью к низким температурам в зимний период и к весенним заморозкам [4, 5].

Несмотря на то, что при семенном размножении фундук является одной из самых поздно вступающих в плодоношение садовых культур, выбор в качестве исходных материнских форм

адаптивных сортов российской селекции позволил создать гибридный фонд с рядом трансгрессивных форм, характеризующихся исключительной скороплодностью, что позволило ускорить селекционный процесс и выделить первые сорта фундука селекции РУП «Институт плодоводства» для промышленного возделывания – Яшма, Лал, Аркадий [6].

Целью данной работы являлось установление соответствия природных условий центральной части Беларуси биологическим требованиям отечественных сортов фундука с учетом изменяющего климата; определение основных хозяйственных параметров деревьев и анализ биохимического состава и питательной ценности орехов, выращенных в условиях Беларуси.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые учеты и наблюдения за особенностями биологии и плодоношения проводили в течение 2022–2024 гг. в отделе селекции плодовых культур РУП «Институт плодоводства». Сад фундука 2018 г. посадки, схема размещения деревьев – 4 × 2 м, растения корнесобственные. Содержание междурядий – естественное залужение, в рядах – гербицидный пар. Почва в садах дерново-подзолистая, среднеоподзоленная, развивающаяся на мощном лёссовидном суглинке, относящаяся к первой бонитировочной группе. Объектами исследований являлись три сорта фундука селекции РУП «Институт плодоводства»: Яшма, Лал, Аркадий. Исследования проводили согласно «Генетическим основам и методике селекции плодовых культур и винограда» (Минск, 2019) с учетом подходов, изложенных в работе «Биологические особенности и отбор перспективных форм орешника для селекции и разведения в условиях Белоруссии» (Самохваловичи, 1977), фенологические наблюдения проводили согласно «Consolidated BBCH scale for hazelnut phenotyping» (J. Toillon, R. Hamidi, A. Paradinas et al., 2023) [2, 7, 8].

Продолжительность периода со среднесуточной температурой ниже 0 °С за зимний период 2021/2022 г. составила 66 дней, сумма отрицательных температур – 263,3 °С, сумма положительных температур – 59,4 °С; за зимний период 2022/2023 г. – 92 дня, сумма отрицательных температур – 304,8 °С, сумма положительных температур – 40,8 °С; за зимний период 2023/2024 г. – 64 дня, сумма отрицательных температур – 295,7 °С, сумма положительных температур – 43,4 °С.

Биохимический анализ орехов фундука урожаев 2021–2024 гг. выполнен в отделе биотехнологии РУП «Институт плодоводства», отбор проб орехов осуществлялся через 30 дней после сбора. Показатели определяли следующими методами: сухие вещества – термогравиметрическим методом (ГОСТ 28561-90) [9], сахара – по методу Бертрана в модификации Вознесенского [10]; жиры – гравиметрическим методом (ГОСТ 8756.21-89) [11].

Содержание макро- и микроэлементов в образцах фундука определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре с пламенным атомизатором VARIAN AA240FS (США). Навески массой 1–2 г минерализовали с помощью концентрированной азотной кислоты и 30%-ного раствора перекиси водорода. Для калибровки прибора использовали государственные стандартные образцы растворов ГСО 7682-99 (кальций), ГСО 7681-99 (магний), ГСО 7875-2000 (марганец), ГСО 8092-94 (калий), ГСО 7835-2000 (железо), ГСО 7836-2000 (медь), ГСО 7837-2000 (цинк).

Жирнокислотный состав масел определяли в ГНУ «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси» и ГНУ «Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси». Масла трех сортов фундука – Яшма, Лал, Аркадий – извлекали экстракцией хлороформом из навески ядер орехов. Для этого усредненный образец в количестве 1 г, отобранный из измельченных 10 ядер орехов каждого сорта, заливали 100 г хлороформа и выдерживали в течение суток при комнатной температуре, периодически перемешивая. Затем смесь фильтровали, промывали на фильтре хлороформом, удаляли растворитель, взвешивали остаток.

Для записи спектров методом ядерного магнитного резонанса (ЯМР) готовили 10%-ные растворы масел в дейтерированном хлороформе ($CDCl_3$). Спектры ЯМР на ядрах ^{1}H и ^{13}C регистрировали на ЯМР-спектрометре AVANCE-500 (Bruker, Германия) с рабочими частотами 500 и 125 МГц для ядер ^{1}H и ^{13}C соответственно. Для измерения химических сдвигов в протонных спектрах внутренним репером служил сигнал $CHCl_3$ (примесь дейтерированного растворителя,

δ = 7,27 м. д.), в углеродных – сигнал растворителя (δ = 77,7 м. д.). Для количественных расчетов использовали интегральные интенсивности соответствующих линий. Относительная ошибка интегрирования – 3 %. Все экспериментальные данные получены и обработаны с помощью пакета программ XWIN-NMR 3.5. Для записи ^{1}H-спектров производили 128 накоплений, ^{13}C – 2048. Для идентификации соединений предварительно были записаны спектры ЯМР ряда жирных кислот – олеиновой, линолевой, α-линоленовой, пальмитиновой и стеариновой. Химические сдвиги пальмитолеиновой кислоты были получены на основании ЯМР-спектров масла печени трески, где ее содержание в триацилглицеридах достаточно большое (до 12 %).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Фундуку как представителю рода *Corylus* L. свойственна несовершенная дихогамия, т. е. неодновременное цветение мужских и женских цветков в пределах одного растения с частичным перекрытием периодов созревания пестиков и тычинок. Погодные условия в феврале – марте оказывают непосредственное влияние как на сроки цветения культуры, так и на возможность реализации потенциала продуктивности сорта. Ежедневные заморозки на протяжении первых двух декад марта в сочетании с высокой относительной влажностью воздуха как в 2022, так и в 2023 г., несмотря на относительно мягкие условия в зимний период без критических понижений температур, оказали сдерживающее влияние на начало цветения и не спровоцировали преждевременное начало вегетации. Сроки начала цветения как мужских, так и женских генеративных органов у изучаемых сортов фундука оказались довольно близкими и пришлись на 16–22 марта (рис. 1).

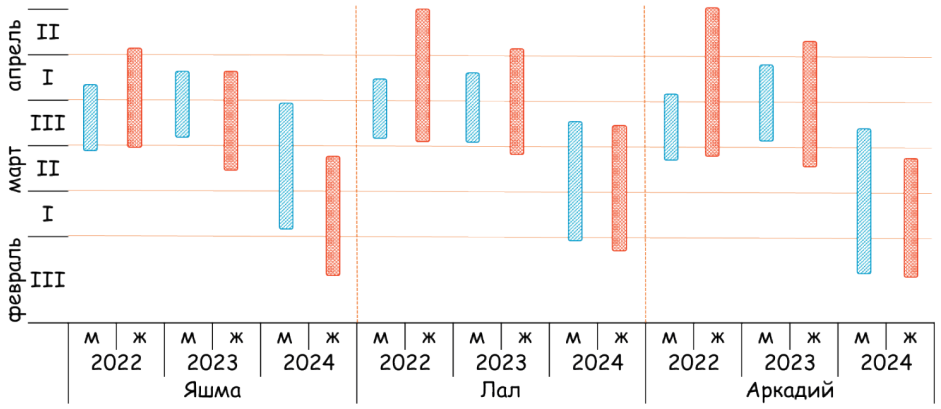


Рис. 1. Сроки цветения сортов фундука белорусской селекции (м – мужское цветение; ж – женское цветение)

Еще одной особенностью в 2022–2023 гг. являлась довольно короткая продолжительность мужского цветения (5–12 дней) по сравнению с женским, которая у отдельных образцов достигала 28–30 дней. Данный факт подтверждает большую восприимчивость сережек к влиянию климатических стресс-факторов [12]. В 2023 г. отрицательное влияние на возможность реализации потенциальной урожайности изучаемых сортов оказали заморозки в период массового пыления сережек в пределах –3,0…–6,3 °С. Сложившиеся погодные условия в феврале 2024 г. способствовали началу цветения мужских и женских соцветий в очень ранние сроки – середина третьей декады февраля. В дальнейшем установившееся похолодание в марте с практически ежедневными заморозками спровоцировало удлинение сроков цветения обоих видов цветов: продолжительность периода цветения у большинства генотипов варьировала в пределах 19–26 дней.

Неблагоприятные погодные условия с частым снижением температуры в течение суток ниже 0 °С не только оказали влияние на продуктивность, но и позволили оценить реакцию изучаемых генотипов на заморозки, что дало возможность по итогам учетов в 2022–2024 гг. отнести все три сорта – Яшма, Лал, Аркадий – в группу адаптивных для климатических условий центральной зоны Беларуси.

В результате проведенных фенологических наблюдений установлено, что для сортов Лал и Аркадий более характерен гомогамный тип цветения с близким или одновременным началом цветения мужских и женских цветков. У сорта Яшма, особенно в условиях мягких зим и раннего перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С в сторону повышения, чаще фиксировалось цветение по протогиничному типу – раньше начинали цветение женские генеративные образования. За три года наблюдений определено, что необходимая сумма эффективных температур выше 0 °С ($\Sigma t_{эф} \geq 0$ °С), необходимая для выхода из состояния вынужденного покоя генеративных почек у изучаемых сортов, варьировала в довольно широких пределах и зависела от суммы отрицательных температур и частоты оттепелей в период, непосредственно предшествующий дате перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С в сторону повышения. За 2022–2024 гг. $\Sigma t_{эф} \geq 0$ °С для начала пыления мужских сережек изменялась от 6,7 до 37,2 °С, для женских цветков этот показатель составил 10,3–17,7 °С.

Обеспечение стабильно высокой урожайности любой культуры определяется не только способностью к адаптации к конкретным экологическим факторам региона возделывания, но и особенностями архитектуры дерева, светового режима внутри кроны, расположения зон плодоношения [13–15], что во многом определяет оптимальные подходы к обрезке и формировке растений.

Как показали учеты распределения урожая в зависимости от длины побега, каждый из изучаемых сортов имел свои особенности. У сорта Лал при формировании свободнорастущей веретеновидной кроны наиболее нагруженными оказывались побеги обрастающей плодовой древесины длиной 5–10 см. В отличие от других объектов исследований на долю побегов до 5 см пришлось только 10 % размещенных плюсок от общего урожая (рис. 2).

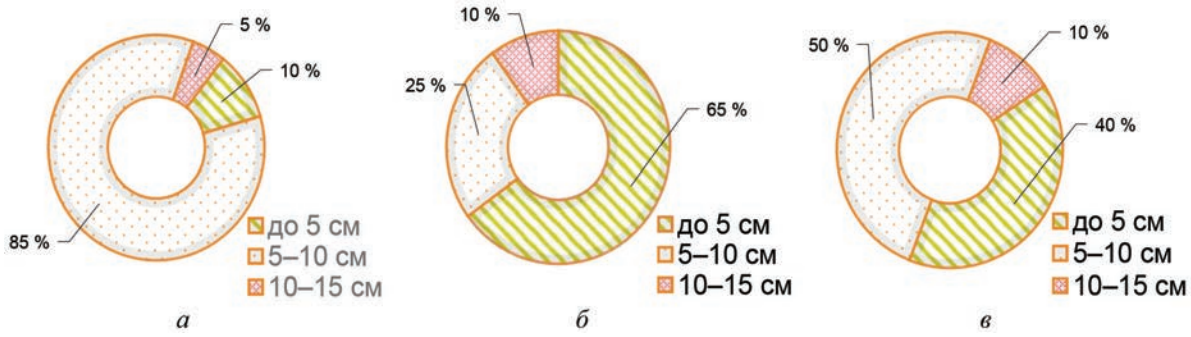


Рис. 2. Особенности распределения пунктов плодоношения в зависимости от длины побега у сортов фундука белорусской селекции: *а* – Лал; *б* – Яшма; *в* – Аркадий

У сортов Яшма и Аркадий структура распределения урожая более близкая, что, вероятно, связано с происхождением и общей материнской родительской формой – сорт Тамбовский ранний. На приростах предыдущего года длиной до 5 см и 5–10 см у сорта Аркадий образуется приблизительно равное количество пунктов плодоношения, у сорта Яшма до 65 % женских генеративных почек закладывается на самых коротких побегах. Для всех трех белорусских сортов фундука важной особенностью является неравномерное распределение пунктов плодоношения в зависимости от длины побега и относительно небольшая доля сформированного урожая (до 10 %) на приростах длиной 10–15 см и более, что необходимо учитывать при обрезке и использовании приемов укорачивания и стимулирования формирования обрастающей плодовой древесины.

Если по среднему выходу ядра за годы наблюдений исследуемые генотипы имели довольно близкие значения, то по массе ореха отличались довольно сильно – от 3,7 у сорта Яшма до 4,6 г у сорта Аркадий (табл. 1). Для генотипов белорусской селекции важной особенностью также является формирование обильных урожаев за счет того, что в соплодии преобладающее число орехов составляет 4–6 шт. Также для фундука как для культуры с продолжительным ювенильным периодом значительную роль играет и период вступления в плодоношение. Все созданные бело-

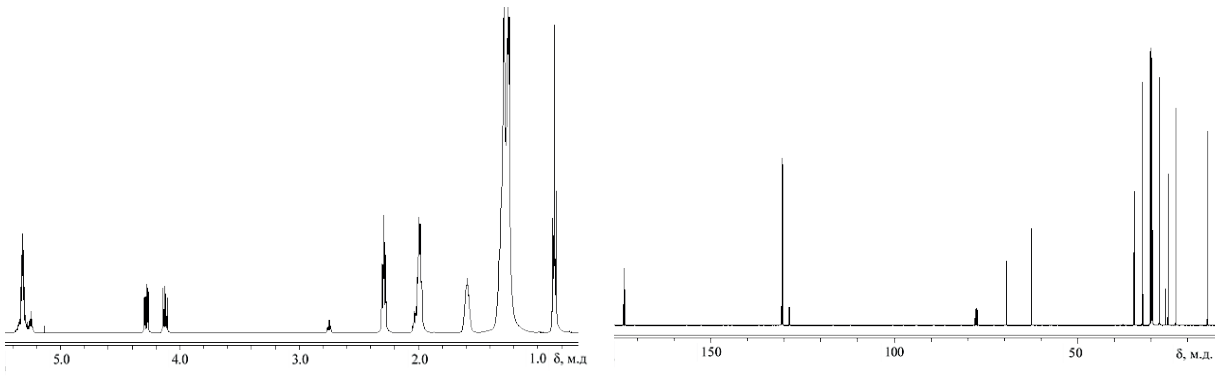
русские сорта отличаются исключительной скороплодностью, а, например, сорт Яшма способен формировать урожай сразу в первые годы после посадки в сад.

Таблица 1. **Качество орехов фундука сортов белорусской селекции, 2021–2024 гг.**

Сорт	Средняя масса ореха, г	Средний выход ядра, %	Биохимический состав, %		
			Массовая доля сухих веществ	Сумма сахаров	Содержание жиров
Яшма	3,7	45	97,2	6,0	65,2
Лал	4,2	44	96,4	7,4	67,1
Аркадий	4,6	48	97,5	6,7	63,9

Согласно ряду авторов, орехи фундука характеризуются богатым биохимическим составом, и прежде всего высоким содержанием жиров – до 70 % и выше [16, 17]. Как показали наши исследования, в условиях центральной части Беларуси все три изучаемых генотипа набирают около 97 % сухих веществ. Отдельно стоит отметить довольно высокие значения суммы сахаров (6,0–7,4 %) у белорусских сортов, что обеспечивает высокие вкусовые качества при употреблении орехов без термической обработки в свежем виде, в то время как у целого ряда изученных интродуцентов, широко распространенных по территории страны, данный показатель не превышал 4,0–5,5 %. По содержанию жиров за годы проведения анализов наибольший показатель был характерен для сорта Лал (более 67 %), наименьший – для сорта Аркадий. Однако все генотипы по данному биохимическому параметру были отнесены в группу с высоким содержанием жиров.

Ореховое масло с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот (прежде всего олеиновой) является одним из самых интересных направлений переработки и используется не только для пищевых целей, но и за счет антиоксидантных свойств получило широкое распространение в косметологии и парфюмерии. Одним из самых эффективных методов химического анализа сложных природных смесей, к которым относятся растительные масла различного происхождения, в том числе и масло фундука, является ЯМР. Применение метода позволяет не только определять состав масла, но и контролировать его качество, зависимость от условий выращивания и хранения плодов, выявлять фальсификаты и др. [18, 19]. Ранее нами был проведен анализ с использованием спектроскопии ЯМР и установлен состав масел кедрового ореха, семян сосны обыкновенной, пажитника греческого и других растений [20–22].



а *б*

Рис. 3. Спектры раствора в $CDCl_3$ масла фундука сорта Лал: *а* – ЯМР-спектр ^1H; *б* – ЯМР-спектр ^{13}C

На примере исследования жирнокислотного состава масла сорта Лал в работе представлен ^1H ЯМР-спектр раствора масла в $CDCl_3$ (рис. 3). По регистрируемым сигналам видно, что присутствующие в растворе соединения являются триацилглицеридами различных жирных кислот. Мультиплет с максимумом при 5,32 м. д. относится к поглощению протонов при двойных связях жирных кислот. Мультиплеты при 5,22, 4,27 и 4,13 м. д. соответствуют метиновым (-CH) и метиленовым ($-CH_2$) протонам глицериновой части молекул. Триплетный сигнал при 2,75 м. д.

отражает поглощение атомов водорода CH_2-групп, расположенных между двойными связями линолевой кислоты. Метиленовые группы всех жирных кислот, связанные с карбоксильными группами, проявляются при 2,29 м. д., а с двойными связями имеют максимум при 1,99 м. д. Сигнал при 1,59 м. д. соответствует поглощению метиленовых групп в β-положении к карбоксильным группам, остальные CH_2-группы алифатических цепей проявляются в интервале 1,20–1,35 м. д. Протоны «хвостовых» метильных групп представлены в виде триплетов при 0,86 м. д.

Таким образом, на основании ^{1}H ЯМР-спектра масла возможно определить соотношение ненасыщенных и насыщенных жирных кислот в составе триацилглицеридов и количественное содержание линолевой кислоты, используя интегральные интенсивности соответствующих сигналов.

Для установления содержания других жирных кислот удобно использовать спектры на ядрах ^{13}C (рис. 3). Атомы углерода карбоксильных групп поглощают в интервале 173,30–173,75 м. д. При этом соответствующие атомы олеиновой кислоты, присоединенной к CH_2-группам глицерина, дают сигнал при 173,71 м. д., а к CH-группе – 173,31 м. д. С-атомы двойных связей триацилглицеридов резонируют в интервале 128,40–130,80 м. д. Триплетный сигнал при 77,7 м. д. принадлежит растворителю. Линии с химическими сдвигами 69,74 и 62,66 м. д. относятся к метиновому и метиленовым атомам углерода глицеринового фрагмента молекул триацилглицеридов. Отметим, что в спектрах всех исследованных образцов не обнаружены сигналы, соответствующие моно- и диацилглицеридам, что является признаком зрелости орехов. Углеродные атомы CH_2-групп, соседствующих с карбоксильными группами молекул, поглощают в интервале 34,50–34,80 м. д. При этом олеиновая кислота имеет соответствующие сигналы при 34,59 м. д. – присоединение к «крайним» положениям глицерина, и 34,76 м. д. – к «центральному».

При изучении спектров ЯМР сырого оливкового масла было установлено, что в области химических сдвигов с δ = 32,00 и 32,70 м. д. поглощают С-атомы, относящиеся к метиленовым группам в 3-м положении относительно метильной группы алифатических цепей жирных кислот в триацилглицеридах [23]. При этом сигналы линолевой, олеиновой и пальмитиновой кислот наблюдаются индивидуально, не перекрываясь друг с другом. Здесь линолевая кислота (*1*) поглощает при 32,13 м. д., олеиновая (*2*) – 32,53, пальмитиновая (*3*) – 32,55 м. д. Слабый сигнал при 32,41 м. д. принадлежит пальмитолеиновой кислоте (*4*) (рис. 4).

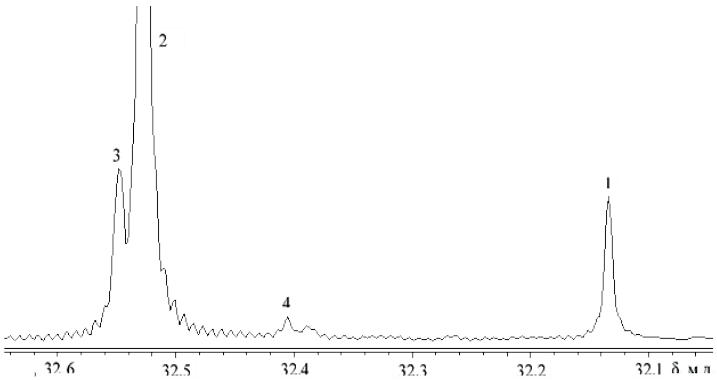


Рис. 4. ^{13}C ЯМР-спектр раствора в $CDCl_3$ масла фундука сорта Лал, область поглощения CH_2-групп в 3-м положении от CH_3-группы: *1* – линолевая кислота; *2* – олеиновая кислота; *3* – пальмитиновая кислота; *4* – пальмитолеиновая кислота

Основываясь на интегральных интенсивностях указанных линий, был определен жирнокислотный состав масел рассматриваемых сортов фундука (табл. 2). Отметим, что количество линолевой кислоты, установленное по протонному и углеродному спектрам, совпадает в пределах ошибки измерений. Возможное содержание других минорных кислот, не наблюдаемых в данных условиях в спектрах ЯМР, составляет не более 1 %.

Полученные данные показывают, что жирнокислотный состав масла различных сортов фундука отличается незначительно. Стоит отметить, что в масле фундука сорта Лал содержится

Таблица 2. **Жирнокислотный состав масла фундука, определенный методом ЯМР, мольные %**

Сорт	Кислота			
	линолевая	олеиновая	пальмитиновая	пальмитолеиновая
Яшма	11,3	80,0	6,7	1,2
Лал	9,5	79,3	9,3	1,1
Аркадий	11,1	79,9	7,1	1,1

больше, чем в других, насыщенной пальмитиновой кислоты и меньше ненасыщенных (в общем их количестве). А если сравнивать сорта Аркадий, Яшма и Лал, то в последнем ощутимо меньше линолевой кислоты – с двумя двойными связями в молекуле. Можно предполагать, что масло ореха данного сорта будет менее подвержено окислению, а сами плоды будут дольше сохранять качество в аналогичных условиях хранения.

Возвращаясь к анализу углеродного спектра, отметим, что остальные метиленовые группы имеют сигналы в интервале 23,10–30,40 м. д., а метильные – в области 14,65–14,75 м. д. Интересные особенности можно наблюдать при анализе спектров поглощения С-атомов двойных связей (рис. 5). Цифрами обозначены линии соответствующих жирных кислот в составе триацилглицеридов (см. обозначения на рис. 4).

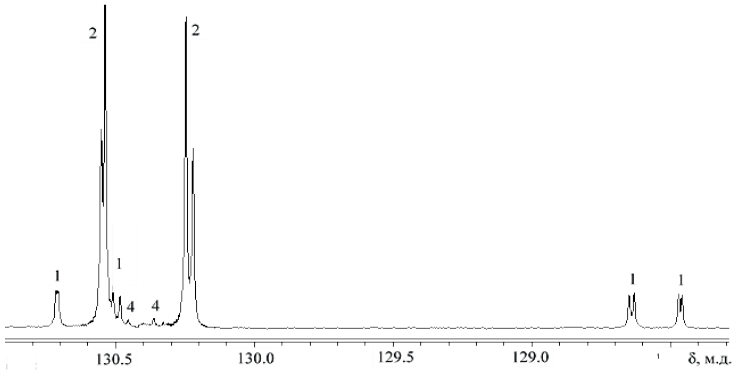


Рис. 5. ^{13}C ЯМР-спектр раствора в $CDCl_3$ масла фундука сорта Лал, область двойных связей

Резонансы линолевой кислоты попарно: 128,46 и 128,47 м. д., 128,63 и 128,65, 130,48 и 130,51, 130,71 и 130,72 м. д.; олеиновой кислоты: 130,22 и 130,25 м. д., 130,54 и 130,55 м. д.; пальмитолеиновой кислоты: 130,36 и 130,46 м. д. Дублеты линолевой и олеиновой кислот соответствуют поглощению С-атомов кислотных остатков, присоединенных к метиленовым (крайним) или метиновой (среднее положение) группам глицерина. В случае стехиометрического присоединения отношение интегральных интенсивностей в этих дублетах должно быть 2 : 1. Однако для линолевой кислоты это отношение составляет 1 : 1, а для олеиновой – 1,78 : 1. Таким образом, ненасыщенные кислоты (особенно линолевая) преимущественно присоединяются к центральному положению глицерина. Соответственно, насыщенная пальмитиновая кислота предпочитает крайние положения в глицерине, хотя спектрально это наблюдаться не может.

Орехи фундука относятся к функциональной пище, полезной для здоровья и снижающей риск целого ряда заболеваний. Фундук как продукт, богатый биоактивными и нутрицевтическими соединениями, позволяет восполнить дефицит витаминов и минералов в рационе питания человека. В 2024 г. нами была проведена работа по установлению содержания макро- и микроэлементов в орехах (табл. 3).

Как показали полученные данные, в наибольших количествах в физическом выражении в орехах белорусских сортов содержатся Mg (191,8–237,7 мг/100 г) и K (817,1–889,4 мг/100 г), что соответственно составляет 48–59 и 33–36 % от суточной нормы физиологических потребностей в этих элементах для мужчин 18–59 лет. Стоит отметить, что в 100 г орехов содержится до 25 % от суточной потребности взрослого человека в Zn, до 76 % – Cu. Относительно физиологических

Таблица 3. **Содержание макро- и микроэлементов в ядрах фундука разных сортов**

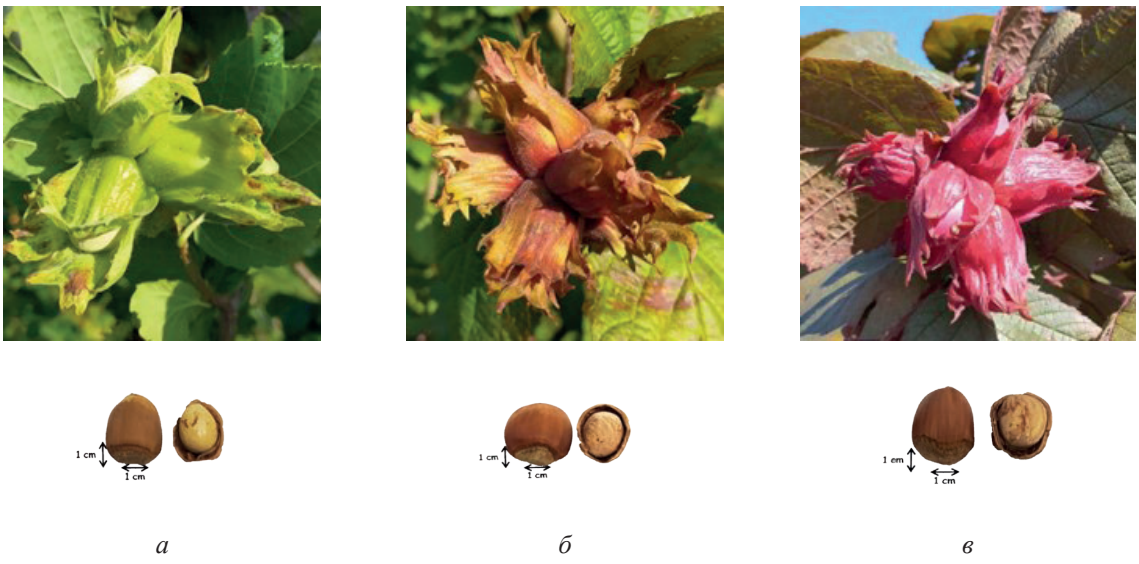
Сорт	Ca		Fe		Mg		Mn		K		Cu		Zn	
	мг/100 г	доля от суточной нормы в 100 г*, %	мг/100 г	доля от суточной нормы в 100 г*, %	мг/100 г	доля от суточной нормы в 100 г*, %	мг/100 г	доля от суточной нормы в 100 г*, %	мг/100 г	доля от суточной нормы в 100 г*, %	мг/100 г	доля от суточной нормы в 100 г*, %	мг/100 г	доля от суточной нормы в 100 г*, %
Яшма	84,9	8,5	1,72	17,2	237,7	59,4	7,95	397,5	889,4	35,6	0,76	76	2,59	21,6
Лал	75,9	7,6	1,28	12,8	232,3	58,1	8,90	445,0	817,1	32,7	0,64	64	3,09	25,7
Аркадий	78,2	7,8	1,43	14,3	191,8	47,9	8,95	447,5	868,2	34,7	0,62	62	2,89	24,1

* Согласно санитарным нормам и правилам «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь», утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20.11.2012 г. № 180 [24].

потребностей содержание кальция и железа в орехах фундука оказалось невысоким, а вот марганца в 100 г содержалось до 448 % (сорт Аркадий) от суточной нормы.

Данные биохимического анализа и минерального состава показывают высокую пищевую ценностью орехов фундука, выращенных в условиях Беларуси, что свидетельствует о перспективности развития данного направления как для получения урожаев для нужд кондитерской и перерабатывающей промышленности, так и для включения в рацион населения свежих орехов как обязательного элемента здорового питания.

Благодаря созданию уникального по скороплодности гибридного фонда были выделены первые сорта фундука селекции РУП «Институт плодоводства» – Лал, Яшма, Аркадий, которые районированы по всей территории Беларуси (рис. 6).



а *б* *в*

Рис. 6. Сорта фундука селекции РУП «Институт плодоводства»: *а* – Яшма; *б* – Лал; *в* – Аркадий

Яшма получен от целенаправленного скрещивания Тамбовский ранний × Тамбовский ранний. Сорт отличается зимостойкостью, регулярным плодоношением, урожайностью 2,2–2,3 кг/растение при плотном размещении деревьев по схеме 4 × 2 м и штамбовой формировке.

Куст прямостоячий, листовая почка красновато-зеленая, яйцевидная, корневые побеги средней силы, может быть сформирован в виде дерева.

Биологические особенности: скороплодный, частично самоплодный, бóльшая часть урожая распределена на побегах длиной до 5 см, мужские сережки зеленые, зимостойкие, является хо-

рошим опылителем для других сортов, массовое цветение мужских и женских цветков приходится на третью декаду марта – первую декаду апреля, во время созревания орехи выпадают из обвертки свободно.

Орехи крупные (масса орехов в скорлупе – 3,6–3,8 г), располагаются в открытой обвертке, длиннее ореха, с глубокозубчатыми краями, преобладающее число орехов в соплодии – 4–5 шт., выход ядра – 45–47 %, орехи субцилиндрические, ядро яйцевидное, при перегрузке урожаем орехи могут быть неодномерные по размеру. Созревает во второй половине сентября. В государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений включен в 2021 г.

Лал получен от свободного опыления сорта Екатерина. Сорт отличается зимостойкостью, регулярным плодоношением, урожайностью 1,8–2,0 кг/растение при плотном размещении деревьев по схеме 4 × 2 м и штамбовой формировке.

Куст прямостоячий, листовая почка красная, коническая, корневые побеги сильные, может быть сформирован в виде дерева.

Биологические особенности: скороплодный, урожай преимущественно распределен на побегах длиной 5–10 см, мужские сережки розово-коричневые, зимостойкие, массовое цветение мужских и женских цветков приходится на третью декаду марта – первую декаду апреля, во время созревания орехи выпадают из обвертки свободно.

Орехи крупные (масса орехов в скорлупе – 4,1–4,3 г), располагаются в открытой обвертке, длиннее ореха, с глубокозубчатыми краями, преобладающее число орехов в соплодии – 3–4 шт., выход ядра – 43–45 %, орехи широкоовальные, ядро овальное. Созревает во второй – третьей декадах сентября. В государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений включен в 2021 г.

Аркадий получен от свободного опыления сорта Тамбовский ранний. Сорт отличается зимостойкостью, регулярным плодоношением, урожайностью 2,0–2,2 кг/растение при плотном размещении деревьев по схеме 4 × 2 м и штамбовой формировке.

Куст прямостоячий, листовая почка красная, шаровидная, корневые побеги средней силы, может быть сформирован в виде дерева.

Биологические особенности: скороплодный, частично самоплодный, урожай преимущественно распределен на побегах длиной до 5 и 5–10 см, мужские сережки розово-коричневые, зимостойкие, является хорошим опылителем для других сортов, массовое цветение мужских и женских цветков приходится на третью декаду марта – первую декаду апреля, во время созревания орехи выпадают из обвертки свободно.

Орехи крупные (масса орехов в скорлупе – 4,6–4,8 г), располагаются в открытой обвертке, длиннее ореха, с зубчатыми краями и выраженной опушенностью, преобладающее число орехов в соплодии – 5–6 шт., выход ядра – до 50 %, орехи субцилиндрические, ядро овальное. Созревает во второй – третьей декадах сентября. В государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений включен в 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании анализа полученных данных определен ряд хозяйственных и биологических особенностей сортов фундука Яшма, Лал, Аркадий в условиях Беларуси, которые определяют специфику его возделывания. Установлены сроки, продолжительность цветения и восприимчивость мужских генеративных органов к влиянию климатических стресс-факторов ранней весны.

Определено, что для сортов Лал и Аркадий более характерен гомогамный тип цветения с близким или одновременным началом цветения мужских и женских цветков, у сорта Яшма, как правило, раньше начинали цветение женские генеративные образования. За 2022–2024 гг. наблюдений определено, что необходимая сумма эффективных температур выше 0 °С для выхода из состояния вынужденного покоя генеративных почек у изучаемых сортов составила: для начала пыления мужских сережек – 6,7–37,2 °С, для женских цветков – 10,3–17,7 °С.

Установлены особенности распределения урожая в зависимости от длины побега: у сортов Яшма и Аркадий 40–65 % пунктов плодоношения размещались на побегах длиной до 5 см;

у сорта Лал основная нагрузка урожаем (до 85 %) приходилась на обрастающую плодовую древесину длиной 5–10 см. У сортов фундука селекции РУП «Институт плодоводства» средняя масса орехов в скорлупе составила 3,7–4,6 г с выходом ядра в пределах 44–48 %.

На основании результатов биохимического анализа орехов определено, что все три изучаемых генотипа набирают около 97 % сухих веществ, сумма сахаров составила 6,0–7,4 %. По содержанию жиров за годы проведения анализов наибольший показатель был характерен для сорта Лал (более 67 %), наименьший – для сорта Аркадий (около 64 %).

Проведенные исследования жирнокислотного состава масла трех сортов фундука методом ядерного магнитного резонанса показали, что масла исследованных образцов фундука состоят практически только из триацилглицеридов жирных кислот. В их состав входят главным образом олеиновая, линолевая, пальмитиновая и пальмитолеиновая кислоты со значительным преобладанием олеиновой (до 80 мольных %). Показано, что в молекулах триацилглицеридов ненасыщенные кислоты (особенно линолевая) предпочитают среднее (СН) положение в глицерине. Масло сорта Лал содержит наименьшее количество ненасыщенных жирных кислот, что может оказывать положительное влияние на продолжительность хранения без значительного изменения качества орехов.

Анализ состава макро- и микроэлементов в орехах фундука, выращенных в условиях Беларуси, показал высокую пищевую ценность и позволил определить, что в орехах белорусских сортов содержится: магния – 191,8–237,7 мг/100 г, калия – 817,1–889,4, кальция – 75,9–84,9, железа – 1,28–1,72, марганца – 7,95–8,95, меди – 0,62–0,76 и цинка – 2,59–3,09 мг/100 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Червяков, П. Д. Особенности цветения и плодоношения лещины в лесах БССР / П. Д. Червяков // Бюллетень научно-технической информации Института лесного хозяйства. – 1958. – № 3. – С. 11–12.

2. Хрипач, П. И. Биологические особенности и отбор перспективных форм орешника для селекции и разведения в условиях Белоруссии : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / Хрипач Петр Иванович ; БелНИИ картофелеводства и плодоовощеводства. – Самохваловичи, 1977. – 182 л.

3. Волович, П. И. Распространение и разнообразие культурных форм лещины в Беларуси / П. И. Волович, П. И. Хрипач // Теплолюбивые культуры (виноград, орех грецкий, абрикос, персик и др.) в северных районах садоводства : материалы междунар. науч. совещ., г. Пинск, 3–5 сент. 1998 г. / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Акад. аграр. наук Респ. Беларусь, Белорус. науч.-исслед. ин-т плодоводства ; гл. ред. В. А. Самусь. – Самохваловичи, 1998. – С. 43–45.

4. Козловская, З. А. Орехоплодные культуры в Беларуси / З. А. Козловская, С. А. Ярмолич // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы XIII междунар. конф., г. Сочи, 4–8 июня 2018 г. / РАН, Федер. агентство науч. орг., М-во сел. хоз-ва РФ [и др.] ; програм. ком.: П. Ф. Кононков [и др.]. – М., 2018. – С. 69–73.

5. Козловская, З. А. Лещина. Дикие виды и фундук / З. А. Козловская, Н. В. Луговцова // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 30. – С. 289–303.

6. Васеха, В. В. Фундук – перспективная культура для возделывания в Республике Беларусь / В. В. Васеха // Наука и инновации. – 2023. – № 3 (240). – С. 22–26.

7. Генетические основы и методика селекции плодовых культур и винограда / З. А. Козловская, С. А. Ярмолич, О. А. Якимович [и др.] ; под общ. ред. З. А. Козловской. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 249 с.

8. Consolidated BBCH scale for hazelnut phenotyping / J. Toillon, R. Hamidi, A. Paradinas [et al.] // Acta Horticulturae : proc. X Intern. congr. on hazelnut, Corvallis, OR (United States of America), 5–9 Sept. 2022 / Oregon State University ; ed. S. A. Mehlenbacher. – Corvallis, 2023. – № 1379. – P. 159–168.

9. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги : ГОСТ 28561-90. – Взамен ГОСТ 8756.2-82 в части разд. 1, 2, 3 (кроме консервов из рыбы и морепродуктов), ГОСТ 13340.3-77 ; введ. 01.07.1991. – М. : Стандартинформ, 2011. – 10 с.

10. Слипчик, А. Ф. Определение сахаров в овощах, ягодах и плодах / А. Ф. Слипчик // Практикум по агрохимии / Б. А. Ягодин, И. П. Дерюгин, Ю. П. Жуков [и др.] ; под общ. ред. Б. А. Ягодина. – М., 1987. – С. 200–208.

11. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения жира : ГОСТ 8756.21-89. – Взамен ГОСТ 8756.21-70 в части разд. 1, 4 и 5 ; введ. 01.07.1990. – М. : Стандартинформ, 2010. – 7 с.

12. Васеха, В. В. Біялагічныя асаблівасці развіцця і прадукцыйнасць сартоў фундуку расійскай селекцыі пасля суровай зімы 2020–2021 гг. / В. В. Васеха, К. А. Чарнавокая // Селекция и генетика: инновации и перспективы : сб. ст. по материалам II Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию д-ра с.-х. наук, проф. В. И. Бушуевой, г. Горки, 11 февр. 2022 г. / Белорус. гос. с.-х. акад. ; редкол.: Г. И. Витко [и др.]. – Горки, 2022. – С. 180–184.

13. Barthelemy, D. Plant architecture: a dynamic, multilevel and comprehensive approach to plant form, structure and ontogeny / D. Barthelemy, Y. Caraglio // Annals of Botany. – 2007. – Vol. 99, № 3. – P. 375–407. – DOI: 10.1093/aob/mcl260.

14. Analysis of bud and sylleptic shoot distribution along one-year-old shoot of hazelnut (*Corylus avellana*) / F. Grisafi, D. Farinelli, E. Costes [et al.] // Acta Horticulturae. – 2023. – № 1379. – P. 283–290. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2023.1379.40.

15. Effect of shade on flowering and yield for two different hazelnut training systems / G. Me, N. Valentini, M. Caviglione, C. Lovisolo // Acta Horticulturae. – 2005. – № 686. – P. 187–192. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2005.686.25.

16. Инновационная технология выращивания фундука в условиях юга и центрального Черноземья / В. Г. Махно, Т. Д. Беседина, Э. К. Пчихачев [и др.] ; Рос. акад. с.-х. наук, Гос. науч. учреждение Всерос. науч.-исслед. ин-т цветоводства и субтроп. культур. – Белгород : ЛитКараВан, 2014. – 305 с.

17. Рындин, А. В. Современные сорта фундука селекции Всероссийского научно-исследовательского института цветоводства и субтропических культур / А. В. Рындин, Ц. В. Тутберидзе // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2019. – № 60 (6). – С. 71–83.

18. Hazelnut oil classification by NMR techniques / D. Di Caro, C. Liguori, A. Pietrosanto, P. Sommella // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. – 2017. – Vol. 66 (5). – P. 928–934.

19. 60 MHz ^{1}H NMR spectroscopy for the analysis of edible oils / T. Parker, E. Limer, A. D. Watson [et al.] // Trends in Analytical Chemistry. – 2014. – № 57. – P. 147–158.

20. ЯМР-анализ масел кедрового ореха (*Pinus sibirica*) и семян сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) / Е. Д. Скаковский, Л. Ю. Тычинская, О. А. Гайдукевич [и др.] // Журнал прикладной спектроскопии. – 2007. – Т. 74, № 4. – С. 528–532.

21. Спектроскопия ЯМР в комбинации с газожидкостной хроматографией при анализе жирнокислотного состава масла семян пажитника греческого (*Trigonella foenum graecum* L.) / Е. Д. Скаковский, Л. Ю. Тычинская, О. А. Молчанова [и др.] // Журнал прикладной спектроскопии. – 2013. – Т. 80, № 5. – С. 788–791.

22. Жирнокислотный состав семян личи китайского (*Litchi chinensis* Sonn.) и димокарпуса лонган (*Dimocarpus longan* Lour.) / А. Г. Шутова, Л. Ю. Тычинская, Е. Д. Скаковский [и др.] // Вестник Фонда фундаментальных исследований. – 2021. – № 1. – С. 25–33.

23. Sacchi, R. ^{1}H and ^{13}C NMR of virgin olive oil. An overview / R. Sacchi, F. Addeo, L. Paolillo // Magnetic Resonance in Chemistry. – 1997. – Vol. 35. – P. 133–145.

24. Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 20 нояб. 2012 г. № 180 // Министерство здравоохранения Республики Беларусь. – URL: https://minzdrav.gov.by/upload/lcfiles/text_tnpa/000358_426130_PostMZ_N180_2012.pdf (дата обращения: 20.02.2025).

AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF BELARUSIAN HAZELNUT CULTIVARS AND THE NUTRITIONAL VALUE OF NUTS

V. V. VASEKHA, L. Yu. TYCHINSKAYA, E. D. SKAKOVSKIY, S. E. BOGUSHEVICH, I. N. OSTAPCHUK

Abstract

The article presents data on the agronomic and biological characteristics of the Belarusian hazel cultivars Yashma, Lal, and Arkadiy. The timing and type of flowering, as well as the required sum of effective temperatures above 0 °C for breaking dormancy in male catkins and female flowers, were determined. Differences were identified among the studied cultivars regarding yield distribution depending on shoot length. For the observation period (2022–2024), average values for in-shell nut weight and kernel yield are presented. A biochemical analysis of the nuts was conducted, revealing the total sugar content (6.0–7.4 %), dry matter content (96.4–97.5 %), and fat content (63.9–67.1 %). Based on an NMR analysis of the fatty acid composition, it was shown that the oils of the studied Belarusian cultivars consist almost entirely of triacylglycerides of fatty acids – mainly oleic, linoleic, palmitic, and palmitoleic acids – with a significant predominance of oleic acid. The mineral composition of the hazelnuts grown under Belarusian conditions was determined, along with the contribution of each macro- and microelement (Ca, Fe, Mg, Mn, K, Cu, Zn) to the daily nutritional requirement.

Keywords: hazelnut, breeding, cultivar, phenology, yield, biochemical composition, nutritional value, Belarus.

Поступила в редакцию 03.03.2025

УДК 634.54:631.542:631.559

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПРИЕМОВ ОБРЕЗКИ СВОБОДНОРАСТУЩЕЙ ВЕРЕТЕНОВИДНОЙ КРОНЫ НА РОСТ И УРОЖАЙНОСТЬ ФУНДУКА

И. С. ЛЕОНОВИЧ, Н. Г. КАПИЧНИКОВА

РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты за 2023–2024 гг. продолжающегося изучения приемов обрезки (вырезка, средняя и сильная степень укорачивания однолетнего прироста прошлого года) свободнорастущей веретеновидной кроны растений фундука с целью оценки их влияния на рост и урожайность в опытном саду 2019 г. посадки (осень) отдела селекции плодовых культур РУП «Институт плодоводства» (аг. Самохваловичи, Минский район, Минская область), посаженном двухлетним корнесобственным посадочным материалом сорта Каталонский.

Анализируются данные о силе роста деревьев (площадь поперечного сечения штамба (ППСШ) и ее прирост, площадь горизонтальной проекции и объем кроны), количестве и средней массе орехов, урожайности, чтобы количественно оценить реакцию растений фундука на различную интенсивность обрезки. На основании проведенных исследований установлено, что агротехнический прием укорачивания однолетних приростов прошлого года (более 60 см) на 1/3 (средняя степень) обеспечивает в период начала плодоношения (на 5-й год после посадки сада) более слабый рост растений и получение более высокой товарной урожайности.

Ключевые слова: фундук, обрезка, приемы, вырезка, степень укорачивания, однолетний прирост, рост, ППСШ, площадь горизонтальной проекции, объем кроны, урожайность, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Экономические критерии, определяющие целесообразность производства культур, обусловлены параметрами технологий возделывания, обеспечивающих полное раскрытие биологического потенциала культуры, рациональное использование природных ресурсов, бережное отношение к окружающей среде. В современных экономических условиях хозяйствования из всего многообразия приемов повышения эффективности производства фундука очень важно сосредоточить внимание на тех, которые гарантируют стабильно высокую урожайность и качество продукции [1, 2]. При правильном подходе, применяя современные сорта и учитывая принципы районирования, а также передовой опыт выращивания в других странах, фундук может стать одной из промышленных, стратегически важных культур отечественного плодоводства.

Понимание архитектуры дерева (как растения растут, развиваются и плодоносят), на которую влияют эндогенные факторы (например, генетика (генотип сорта [3–9], подвоя [10, 11])), экзогенные (например, свет (затенение, вызванное густыми посадками, может изменить углы прикрепления ветвей к основному стеблю или характер ветвления дерева, увеличить длину междоузлий [7, 11, 12])), возраст (старение приводит к уменьшению длины побегов, изменению зон роста и плодоношения, соотношения мужских и женских соцветий [3, 10]), а также приемы агротехники (обрезка и формирование [3, 9, 13], защита от вредителей и болезней, содержание почвы, внесение органических и минеральных удобрений и др.), является ключом к управлению структурой дерева, улучшению светового режима внутри кроны или улучшению вегетативно-репродуктивного равновесия.

Обрезка и формирование деревьев – одна из самых важных работ в саду. Любая обрезка ограничивает размеры дерева, изменяет световой режим внутри кроны, стимулирует разветвление и уравновешивает развитие длинных и коротких побегов, что обеспечивает распределение плодов по всей кроне, а также улучшает качество плодов [4, 6, 9, 13–28]. Ошибки при формировании кроны трудно исправить. Иногда для этого требуются годы. Различают два основных вида (приема) обрезки, которые применяют при формировании кроны и уходе за деревьями, – прореживание (вырезка) и укорачивание (подрезка). Степень обрезки зависит также от типа кроны, по

которой формируют дерево, и от роли, которую играют отдельные разветвления в кроне дерева. Целью всех приемов по формированию кроны деревьев является обеспечение умеренного роста и регулярного плодоношения [7, 18, 20, 27, 29].

При прореживании вырезают целиком отдельные побеги или ветви на кольцо и не укорачивают оставшиеся. Это мало влияет на количество и силу роста новых побегов, но улучшает освещенность. В результате повышается продуктивность плодовых веточек внутри кроны.

Укорачивание – частичное удаление верхней части побегов (однолетних веток, веточек). Удаление до 1/4 годичного прироста является слабым укорачиванием, до 1/3 – средним, до 1/2 – сильным. Степень обрезки влияет на развитие обрастающей древесины. Слабое прореживание крон молодых плодовых деревьев до известной степени ускоряет наступление плодоношения [9, 21, 22, 28]. При сильном прореживании и укорачивании однолетнего прироста наступление плодоношения задерживается на 1–2 года [29–31].

Для ускорения вступления дерева в плодоношение необходимо минимизировать обрезку. Однако для получения высоких урожаев необходимо иметь достаточное количество плодоносящих ветвей, что достигается укорачиванием однолетних веток и стимулированием ветвления [14, 17]. Затягивание с переходом насаждений к плодоношению приводит к резкому усилению вегетативной деятельности в сочетании с не менее резким снижением генеративной. Отсутствие же регулярной обрезки приводит к уменьшению силы роста побегов и резко снижает проникновение света в полог дерева, урожайность и качество орехов, увеличивая тенденцию к плодоношению через год [10, 27, 29–31].

В плодоводстве обрезка – один из основных способов поддержания заданных параметров избранной конструкции насаждения и один из наиболее активных приемов регулирования роста и плодоношения. От правильности выбора вида, степени и сроков обрезки применительно к насаждению конкретной культуры зависит ее скороплодность, длительность экономически наиболее выгодного периода эксплуатации и уровень гарантии получения ежегодных высоких урожаев отличного качества.

Цель настоящего исследования – изучить влияние различных приемов обрезки при формировании свободнорастущей веретеновидной кроны на рост и урожайность растений фундука.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в опытном саду фундука отдела селекции плодовых культур РУП «Институт плодоводства» (аг. Самохваловичи, Минский район, Минская область) в течение 2023–2024 гг. Сад посажен осенью 2019 г. двухлетним посадочным материалом. Сорт – Каталонский, схема посадки – 5 × 3 м (666 раст/га).

Форма кроны – свободнорастущая веретеновидная (зимняя обрезка – до распускания вегетативных почек).

Варианты (приемы) обрезки:

1) без укорачивания (с вырезкой, прореживанием) однолетнего прироста (контроль);

2) с укорачиванием однолетнего прироста прошлого года (более 60 см) на 1/3 (средняя степень);

3) с укорачиванием однолетнего прироста прошлого года (более 60 см) на 1/2 (сильная степень).

Повторность вариантов трехкратная. В варианте не менее девяти учетных растений.

Система содержания почвы: в приствольных полосах – гербицидный пар, в междурядьях – естественное залужение.

Исследования проведены согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [32]. Статистическая обработка полученных данных проведена методом однофакторного дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [33].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что в 2023 г., на 4-й год после посадки сада, в варианте укорачивания однолетнего прироста на 1/3 отмечали достоверно большее количество орехов – 68 шт/дер., а также достоверно бóльшую съемную урожайность с растения и с единицы площади – 0,25 кг/раст.

и 1,66 ц/га соответственно (табл. 1). Меньшее количество орехов, а также более низкую урожайность отмечали в вариантах без укорачивания и укорачивания однолетних веток на 1/2 – 60 и 63 шт., 0,23 кг/раст. (1,53 ц/га) соответственно, что на 8 % меньше по сравнению с вариантом укорачивания однолетнего прироста на 1/3. Средняя масса ореха достоверно не различалась между вариантами опыта.

Таблица 1. **Урожайность растений фундука в зависимости от приемов обрезки свободнорастущей веретеновидной кроны, 2023 г.**

Вариант (степень укорачивания однолетнего прироста)	Количество орехов, шт/дер.	Средняя масса ореха, г	Урожайность съемная	
			кг/раст.	ц/га
Без укорачивания (к.)	60	3,8	0,23	1,53
С укорачиванием на 1/3 (средняя)	68	3,7	0,25	1,66
С укорачиванием на 1/2 (сильная)	63	3,7	0,23	1,53
$НСР_{0,05}$	5,6	$F_ф < F_т$	0,013	–

Биометрические параметры роста растений фундука в конце вегетационного периода были достоверно больше в контрольном варианте (без укорачивания прироста прошлого года) (табл. 2), где показатели утолщения штамба (площадь поперечного сечения штамба (ППСШ) и прирост ППСШ) составляли 23,4 и 9,3 $см^2$/дер. соответственно, габитуса кроны (горизонтальная проекция и объем) – 3,0 $м^2$/дер. и 5,6 $м^3$/дер. соответственно. Меньшие значения показателей роста растений фундука в опыте отмечали в варианте укорачивания однолетних веток на 1/3: ППСШ и прирост ППСШ – 20,6 и 7,2 $см^2$/дер. соответственно, что на 12,0 и 22,6 % соответственно меньше по сравнению с контролем и на 3,3 и 13,3 % соответственно меньше по сравнению с вариантом укорачивания однолетних веток на 1/2; горизонтальная проекция и объем кроны – 2,3 $м^2$/дер. и 4,2 $м^3$/дер. соответственно, что на 23,3 и 25,0 % соответственно меньше по сравнению с вариантом без укорачивания и на 17,9 и 14,3 % соответственно меньше по сравнению с вариантом укорачивания однолетних веток на 1/2.

Таблица 2. **Показатели роста растений фундука в зависимости от приемов обрезки свободнорастущей веретеновидной кроны, 2023 г.**

Вариант (степень укорачивания однолетнего прироста)	ППСШ, $см^2$/дер.	Прирост ППСШ, $см^2$/дер.	Площадь горизонтальной проекции кроны, $м^2$/дер.	Объем кроны, $м^3$/дер.
Без укорачивания (к.)	23,4	9,3	3,0	5,6
С укорачиванием на 1/3 (средняя)	20,6	7,2	2,3	4,2
С укорачиванием на 1/2 (сильная)	21,3	8,3	2,8	4,9
$НСР_{0,05}$	1,61	0,43	0,08	0,19

В 2024 г., на 5-й год после посадки сада, достоверно большее количество генеративных образований (женских цветковых почек) при формировании веретеновидной кроны у растений фундука отмечали в варианте укорачивания однолетних веток на 1/2 их длины – 281 шт/дер. (табл. 3). Меньшее количество заложенных женских цветковых почек отмечали в контрольном варианте без укорачивания однолетних веток и варианте укорачивания прошлогоднего прироста на 1/3 – 199 и 204 шт/дер. соответственно, что на 29,2 и 27,4 % соответственно меньше по сравнению с вариантом укорачивания однолетних веток на 1/2.

Однако количество орехов у растений фундука было достоверно больше в варианте укорачивания однолетнего прироста на 1/3 – 138 шт/дер., где отмечали бóльшую съемную урожайность с растения и с единицы площади – 0,47 кг/раст. и 3,13 ц/га соответственно. Меньшее количество орехов, а также и более низкую урожайность отмечали в варианте укорачивания однолетних веток на 1/2 – 115 шт. и 0,39 кг/раст. (2,60 ц/га) соответственно, что на 16,7 и 17,0 % соответственно меньше по сравнению с вариантом укорачивания однолетнего прироста на 1/3 и на 11,5 и 9,3 % соответственно меньше по сравнению с контрольным вариантом.

Таблица 3. **Формирование генеративных образований и урожайность растений фундука в зависимости от приемов обрезки кроны, 2024 г.**

Вариант (степень укорачивания однолетнего прироста)	Женские почки, шт/дер.	Количество орехов, шт/дер.	Средняя масса ореха, г	Урожайность съемная	
				кг/раст.	ц/га
Без укорачивания (к.)	199	130	3,3	0,43	2,86
С укорачиванием на 1/3 (средняя)	204	138	3,4	0,47	3,13
С укорачиванием на 1/2 (сильная)	281	115	3,4	0,39	2,60
$НСР_{0,05}$	31,81	4,72	0,05	0,016	–

На основании полученных данных и данных наших ранее проведенных исследований временем вступления растений фундука в пору плодоношения следует считать год получения урожая не менее 0,4 кг с растения, а началом эффективного (товарного) плодоношения следует считать срок, когда деревья фундука дают экономически окупаемый урожай не менее 2,3 ц в пересчете на 1 га [34], т. е. 5-й год после посадки сада.

Средняя масса ореха была достоверно больше в вариантах укорачивания однолетнего прироста по сравнению с контрольным вариантом.

За вегетационный период 2024 г. показатели роста растений фундука – ППСШ и объем кроны – были также достоверно больше в контрольном варианте (без укорачивания прироста прошлого года) (табл. 4): 29,6 $см^2$/дер. и 8,5 $м^3$/дер. соответственно. Меньшие значения показателей растений фундука в опыте отмечали в вариантах укорачивания однолетних веток на 1/3 и 1/2: ППСШ – 27,8 и 27,7 $см^2$/дер. соответственно, или достоверно на 6,1 и 6,4 % соответственно меньше по сравнению с контролем, но без достоверной разницы между вариантами; объем кроны – 8,0 и 7,4 $м^3$/дер. соответственно, что на 5,9 и 12,9 % соответственно меньше по сравнению с контролем. Достоверную разницу между вариантами укорачивания отмечали по показателю прироста ППСШ, который был на 12,5 % больше при укорачивании однолетнего прироста на 1/3, и по показателю объема кроны, который был на 8,1 % больше по сравнению с вариантом укорачивания на 1/2.

Таблица 4. **Показатели роста растений фундука в зависимости от приемов обрезки свободнорастущей веретеновидной кроны, 2024 г.**

Вариант (степень укорачивания однолетнего прироста)	ППСШ, $см^2$/дер.	Прирост ППСШ, $см^2$/дер.	Площадь горизонтальной проекции кроны, $м^2$/дер.	Объем кроны, $м^3$/дер.
Без укорачивания (к.)	29,6	6,2	4,0	8,5
С укорачиванием на 1/3 (средняя)	27,8	7,2	4,0	8,0
С укорачиванием на 1/2 (сильная)	27,7	6,4	4,1	7,4
$НСР_{0,05}$	0,871	0,76	$F_ф < F_т$	0,49

ВЫВОДЫ

На 4-й год после посадки сада при укорачивании однолетнего прироста на 1/3 у растений фундука отмечали достоверно большее количество орехов, 68 шт/дер., а также достоверно бóльшую съемную урожайность с растения и с единицы площади, 0,25 кг/раст. и 1,66 ц/га соответственно, по сравнению с вырезкой или сильной степенью укорачивания ветвей, а также данный прием обрезки обеспечил уменьшение значений показателей роста растений: ППСШ – на 12,0 % по сравнению с приемом без укорачивания, прироста ППСШ – на 22,6 %, горизонтальной проекции кроны – на 23,3 %, объема кроны – на 25,0 %.

На 5-й год после посадки сада достоверно большее количество генеративных образований (женских цветковых почек) отмечали при укорачивании однолетних веток на 1/2 – 281 шт/дер., или на 41,2 и 37,7 % соответственно больше по сравнению с вырезкой и укорачиванием прироста на 1/3. Однако количество завязавшихся и сохранившихся орехов было достоверно больше в варианте укорачивания однолетнего прироста на 1/3 – 138 шт/дер., где отмечали и бóльшую

съемную урожайность с растения и с единицы площади – 0,47 кг/раст. и 3,13 ц/га соответственно. Показатели роста растений фундука – ППСШ и объем кроны – были достоверно больше при вырезке (прореживании) однолетних веток.

На основании проведенных исследований установлено, что агротехнический прием укорачивания однолетних приростов прошлого года (длиной более 60 см) на 1/3 (средняя степень) обеспечивает более слабый рост растений фундука и получение уже на 5-й год после посадки сада более высокой товарной урожайности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Инновационная технология выращивания фундука в условиях юга и центрального Черноземья / В. Г. Махно, Т. Д. Беседина, Э. К. Пчихачев [и др.] ; Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т цветоводства и субтроп. культур. – Белгород : ЛитКараВан, 2014. – 304 с.

2. Егоров, Е. А. Прецизионность в технологиях промышленного плодоводства / Е. А. Егоров // Методологические аспекты создания прецизионных технологий возделывания плодовых культур и винограда : темат. сб. материалов юбилейн. конф. к 75-летию СКЗНИИСиВ, г. Краснодар, 5–8 сент. 2006 г. / Сев.-Кавк. зон. науч.-исслед. ин-т садоводства и виноградарства ; редкол.: Е. А. Егоров, И. А. Ильина, Э. В. Макарова. – Краснодар, 2006. – Т. 1. – С. 3–13.

3. Barthélémy, D. Plant architecture: a dynamic, multilevel and comprehensive approach to plant form, structure and ontogeny / D. Barthélémy, Y. Caraglio // Annals of Botany. – 2007. – Vol. 99, № 3. – P. 375–407. – DOI: 10.1093/aob/mcl260.

4. Me, G. Comparison of two training systems in hazelnut / G. Me, N. Valentini, M. L. Miaja // Acta Horticulturae. – 2001. – № 556. – P. 321–326. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2001.556.48.

5. Santos, A. Stem position and stem length effects on fruit set of ‘Ennis’ and ‘Butler’ hazelnut / A. Santos, A. P. Silva, M. J. Franco // Acta Horticulturae. – 2001. – № 556. – P. 313–320. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2001.556.47.

6. Solar, A. The architectural analysis of a fruiting branch in two hazelnut cultivars / A. Solar, F. Stampar // Acta Horticulturae. – 2005. – № 686. – P. 179–186. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2005.686.24.

7. Farinelli, D. Influence of canopy density on fruit growth and flower formation / D. Farinelli, M. Boco, A. Tombesi // Acta Horticulturae. – 2005. – № 686. – P. 247–252. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2005.686.33.

8. Tombesi, S. Relationships between flower density and shoot length in hazelnut (*Corylus avellana* L.) / S. Tombesi, D. Farinelli // Acta Horticulturae. – 2014. – № 1052. – P. 137–142.

9. Tombesi, S. Modelling of pruning technique effects on branch architecture and subsequent year shoot flowering in hazelnut / S. Tombesi, D. Farinelli // Acta Horticulturae. – 2017. – № 1160. – P. 141–144.

10. Analysis of bud and sylleptic shoot distribution along one-year-old shoots of hazelnut (*Corylus avellana*) / F. Grisafi, D. Farinelli, E. Costes [et al.] // Acta Horticulturae. – 2023. – № 1379. – P. 283–290. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2023.1379.40.

11. Anthony, B. Optimization of light interception, leaf area and yield in ‘wa38’: comparisons among training systems, rootstocks and pruning techniques / B. Anthony, S. Serra, S. Musacchi // Agronomy. – 2020. – Vol. 10 (5). – Art. 689. – DOI: 10.3390 /agronomy10050689.

12. MacFarlane, D. W. Neighbour effects on tree architecture: functional trade-offs balancing crown competitiveness with wind resistance / D. W. MacFarlane, B. Kane // Functional Ecology. – 2017. – Vol. 31, № 8. – P. 1624–1636. – DOI: 10.1111/1365-2435.12865.

13. Effect of shade on flowering and yield for two different hazelnut training systems / G. Me, N. Valentini, M. Caviglione, C. Lovisolo // Acta Horticulturae. – 2005. – № 686. – P. 187–192. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2005.686.25.

14. Плодовый сад / А. С. Девятов, А. Ф. Радюк, В. А. Резвяков [и др.] ; под общ. ред. А. С. Девятова. – Минск : Урожай, 1969. – 336 с.

15. Орехоплодовые лесные культуры / Ф. Л. Щепотьев, А. А. Рихтер, Ф. А. Павленко [и др.]. – М. : Лесная промсть, 1978. – 255 с.

16. Кудрявец, Р. П. Оптимизация условий продукционного процесса / Р. П. Кудрявец // Продуктивность яблони / Р. П. Кудрявец. – М. : Агропромиздат, 1987. – С. 133–214.

17. Девятов, А. С. Как правильно формировать и обрезать плодовые деревья и ягодные кусты / А. С. Девятов. – Минск : Ураджай, 1995. – 208 с.

18. Гегечкори, Б. С. Приемы формирования кроны плодовых деревьев в разных типах насаждений / Б. С. Гегечкори. – Краснодар : КубГАУ, 1998. – 228 с.

19. Махно, В. Г. Штамбовая культура фундука в условиях Сочи / В. Г. Махно // Садоводство и виноградарство. – 2004. – № 3. – С. 21–23.

20. Капичникова, Н. Г. Влияние приемов формирования кроны на рост и плодоношение деревьев яблони на клоновых подвоях / Н. Г. Капичникова, В. С. Кухто // Современное садоводство, виноградарство, виноделие и лесоводство: состояние и перспективы развития : материалы междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения Г. Я. Рудя, г. Кишинев, 1–2 марта 2007 г. / Гос. аграр. ун-т Молдовы ; редкол.: Г. П. Чимпоеш (гл. ред.) [и др.]. – Кишинев, 2007. – С. 32–35.

21. Капичникова, Н. Г. Влияние степени укорачивания побегов на рост и урожайность деревьев яблони сорта Чаравница на клоновых подвоях Арм-18 и 62-396 / Н. Г. Капичникова, В. С. Кухто // Роль отрасли плодоводства в обеспечении продовольственной безопасности и устойчивого экономического роста : материалы междунар. науч. конф.,

аг. Самохваловичи, 23–25 авг. 2011 г. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2011. – С. 177–180.

22. Капичникова, Н. Г. Рост и урожайность деревьев яблони сорта Чаравница на разных подвоях в зависимости от степени укорачивания однолетних ветвей при формировании веретеновидной кроны / Н. Г. Капичникова // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2014. – Т. 26. – С. 57–63.

23. Roversi, A. Effects of manual pruning on hazelnut yield and fruit quality / A. Roversi, G. L. Malvicini // Acta Horticulturae. – 2014. – № 1052. – P. 175–178. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1052.22.

24. Кудрявец, Р. П. Практическое руководство по обрезке садовых деревьев / Р. П. Кудрявец. – М. : Изд-во АСТ, 2016. – 160 с.

25. Sokol, M. Cultivation of hazelnut tree trained with double vertical spindle shape / M. Sokol // Acta Horticulturae. – 2018. – № 1226. – P. 251–254. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1226.37.

26. The effects of single-axis and multi-axis training systems on cumulative yield and nut quality of 'Barcelona' and 'Tonda di Giffoni' in two different agroecological zones in southern Chile / M. Ellena, A. González, P. Sandoval, F. Marchant // Acta Horticulturae. – 2018. – № 1226. – P. 255–260. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1226.38.

27. Pruning practices in European hazelnut: from plant shape and planting layout to mechanical pruning and precision agriculture / V. Cristofori, C. Silvestri, A. Pacchiarelli [et al.] // Acta Horticulturae. – 2023. – № 1379. – P. 207–214. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2023.1379.29.

28. Relationship between shoot leaf area and nut set in hazelnut / S. Tombesi, R. Rechichi, R. Lorusso, F. Grisafi // Acta Horticulturae. – 2023. – № 1379. – P. 297–302. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2023.1379.42.

29. Effect of different pruning methods on growth, yield and quality of the hazelnut cultivar 'Tonda Gentile Romana' / V. Cristofori, C. Cammilli, F. B. Valentini, C. Bignami // Acta Horticulturae. – 2009. – № 845. – P. 315–322. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.845.48.

30. Roversi, A. Preliminary observations on the effects of renewal pruning in hazelnut orchards / A. Roversi, G. Mozzone // Acta Horticulturae. – 2005. – № 686. – P. 253–258. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2005.686.34.

31. A simple summer pruning trial on hazelnut / A. Roversi, G. L. Malvicini, G. Mozzone, T. Dilmacunal // Acta Horticulturae. – 2009. – № 845. – P. 367–372. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.845.57.

32. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: Е. Н. Джигадло [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.

33. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учеб. пособие / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1979. – 416 с.

34. Леонович, И. С. Экономический анализ структуры затрат на уход за молодыми насаждениями фундука (до перевода их в состав плодоносящих) при различных схемах посадки / И. С. Леонович, Л. Г. Зелезняк // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2023. – Т. 35. – С. 121–125.

EFFECT OF DIFFERENT PRUNING METHODS FOR A FREE-GROWING SPINDLE-SHAPED CROWN ON THE GROWTH AND YIELD OF HAZELNUT

I. S. LEONOVICH, N. G. KAPICHNIKOVA

Abstract

This article presents the results of a 2023–2024 study on pruning techniques – removal, moderate, and severe shortening of the previous year's one-year shoots – applied to free-growing spindle-shaped hazelnut crowns, with the aim of assessing their effect on plant growth and yield. The study was carried out in a 2019 experimental orchard (autumn planting) of the Fruit Crop Breeding Department at the RUE 'Institute of Fruit Growing' (Samokhvalovichi, Minsk District, Minsk Region), established using two-year-old own-rooted planting material of the cultivar Catalonsky.

The study analyzes tree vigor indicators (trunk cross-sectional area (TCSA) and its increment, horizontal crown projection area, and crown volume), the number and average weight of nuts, and overall yield to quantitatively assess hazelnut response to different pruning intensities. The results show that the agronomic technique of shortening last year's one-year shoots (longer than 60 cm) by one-third (moderate pruning) leads to weaker vegetative growth and higher marketable yield at the beginning of fruiting (5th year after planting).

Keywords: hazelnut, pruning, techniques, removal, shoot shortening, one-year shoot, growth, TCSA, horizontal crown projection, crown volume, yield, Belarus.

Поступила в редакцию 18.02.2025

УДК 634.54:631.82

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ ФУНДУКА В МОЛОДОМ МАТОЧНИКЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ОТВОДКОВ

Т. П. ГРУШЕВА, В. А. ЛЕВШУНОВ, М. Ю. ГАНУСЕНКО, С. В. ЛЕЛЕС

РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by

АННОТАЦИЯ

Исследования проводили в 2023–2024 гг. в отделе питомниководства РУП «Институт плодоводства». В статье отражены результаты изучения биологических особенностей роста и развития растений фундука в маточнике горизонтальных отводков в зависимости от минерального питания.

В результате проведенных исследований установлено положительное влияние некорневого внесения минеральных удобрений на биометрические показатели надземной части и корневой системы отводков в следующих вариантах:

фон + 0,3%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия: по высоте – 176,5 см, по толщине – 15,9 мм, укореняемость отводков – 4,6 балла, выход стандартных отводков – 93,1 %;

фон + 0,8%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия: по высоте – 164,0 см, по толщине – 12,9 мм, укореняемость отводков – 4,4 балла, выход стандартных отводков – 93,9 %;

фон + 0,5%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия: по высоте – 176,5 см, по толщине – 13,5 мм, укореняемость отводков – 4,0 балла, выход стандартных отводков – 89,7 %;

фон + Кристалон особый: по высоте – 172,0 см, по толщине – 13,1 мм, укореняемость отводков – 4,2 балла, выход стандартных отводков – 91,6 %.

Ключевые слова: фундук, маточник, минеральные удобрения, развитие, биометрические показатели, укореняемость, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время имеется богатый опыт исследователей Беларуси XX в., многочисленные эксперименты садоводов-любителей и сорта, приспособленные к выращиванию в наших агроклиматических условиях. Тенденция закладки интенсивных насаждений фундука, которые отличаются высокой продуктивностью и хорошими качествами плодов, определяют необходимость производства качественного посадочного материала [1].

Многие исследователи в своих работах указывают, что фундук по своей природе – геоксильный кустарник, т. е. способен к интенсивному порослеобразованию, которое может служить основным источником получения посадочного материала. Целый ряд элементов технологии интенсивного выращивания повышает выход посадочного материала. Использование в первые годы эксплуатации маточника азотных и фосфорных подкормок в сочетании с поливом способствует хорошему развитию корней исходных растений и позволяет повысить выход отводков уже начиная с третьего года использования [2–4].

Существенное влияние на укоренение отводков фундука оказывает и субстрат. Можно получить степень укоренения до 84 % при использовании для мульчирования опилок лиственных пород, также хороший уровень выхода укорененных отводков обеспечивает окучивание смесью торфа и перепрелой щепы. В Украине при выращивании саженцев широко используется внесение различных биопрепаратов для формирования растительно-микробных систем [5].

Поскольку получение посадочного материала в маточнике предусматривает многолетний цикл его использования (не менее 12 лет), то особое значение приобретает обеспечение минерального питания плантаций фундука. В питомнике, по данным украинских и польских производителей, хорошую эффективность демонстрирует внекорневая подкормка карбамидом (в дозах от 1 до 3 %) с 0,3%-ным раствором бора, что способствует увеличению высоты и диаметра штамба однолетних саженцев [6].

Изучение биологических особенностей культуры при выращивании посадочного материала, а также разработка технологических способов размножения фундука, которые позволят получать достаточное количество стандартного посадочного материала для удовлетворения потребностей производителей, ранее в Беларуси не проводились.

Цель исследований – определить влияние минерального питания на особенности развития и ризогенеза растений фундука в отводковом маточнике.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на опытном участке отдела питомниководства РУП «Институт плодоводства» в 2023–2024 гг.

Объектом исследований являлся маточник горизонтальных отводков фундука сорта Каталонский, заложенный в 2020 г. Схема посадки – 1,4 × 0,3 м.

За вегетационный период производилось трехкратное окучивание отрастающих отводков. Осенью производили отделение отводков.

В опыте по внесению удобрений в маточнике были заложены следующие варианты:

1) контроль (без внесения удобрений);

2) фон – N_{40} (корневое внесение перед каждым окучиванием маточника, трехкратно за сезон, в качестве удобрения использовалась мочевина ($(NH_2)_2CO$; содержание азота по массе – 46 %) в дозе 90 г/м. п.);

3) фон + некорневое внесение 0,3%-ного раствора мочевины + 0,1%-ного раствора сульфата калия;

4) фон + некорневое внесение 0,5%-ного раствора мочевины + 0,1%-ного раствора сульфата калия;

5) фон + некорневое внесение 0,8%-ного раствора мочевины + 0,1%-ного раствора сульфата калия;

6) фон + некорневое внесение удобрения Кристалон особый;

7) фон + некорневое внесение удобрения Корнерост;

8) фон + некорневое внесение удобрения ЭлеГум-Комплекс;

9) фон + некорневое внесение удобрения БлекДжек.

Некорневое внесение удобрений осуществляли трехкратно с интервалом 14 дней. Первое некорневое внесение удобрений проводили в третьей декаде июня.

Исследования осуществляли в течение вегетационных периодов путем полевых учетов согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Орёл, 1999) [7] и «Методике изучения клоновых подвоев в Прибалтийских республиках и Белорусской ССР» (Елгава, 1980) [8].

В маточнике горизонтальных отводков в период вегетации определяли динамику роста отводков, проводя периодические измерения высоты растений и определяя их прирост за это время. В конце вегетации измеряли высоту растений, диаметр штамба, длину корневой системы, подсчитывали количество корней, определяли степень вызревания побегов по 5-балльной шкале.

Оценку зимостойкости в полевых условиях (определение степени повреждения растений) проводили путем ручного среза секатором и ножом однолетних приростов с последующим визуальным осмотром места среза. Степень повреждения растений оценивали по 6-балльной шкале (от 0 до 5).

При оценке зимостойкости в лабораторных условиях использовали метод отращивания, при котором оцениваемые отводки срезали и помещали в емкость с небольшим количеством воды (с погружением на 4–5 см). Срезы обновляли каждые 5 дней с одновременной заменой воды. Отращивание проводили в помещении при температуре +22 °С в течение 10–15 дней. Степень подмерзания оценивали по 6-балльной шкале (от 0 до 5).

Статистическую обработку данных проводили методом однофакторного дисперсионного анализа [9].

В связи с отсутствием требований к посевным качествам для отводков фундука, полученный посадочный материал относили к стандартному, руководствуясь требованиями к сортовым и посевным качествам саженцев фундука (постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 29 октября 2015 г. № 37 «Об установлении требований к сортовым и посевным качествам семян сельскохозяйственных растений») [10].

За годы исследований значение минимальных температур воздуха не являлось критическим для условий Минского района. Тем не менее следует отметить краткосрочные периоды с резким понижением температуры воздуха.

Осенне-зимний период 2022–2023 гг. характеризовался отсутствием критически низких температур воздуха. Отмечено четыре периода с резким колебанием температуры воздуха в течение суток: 30 ноября – 1 декабря (с –4,1 до –9,4 °С), 17–18 декабря (с –6,7 до –11,4 °С), 5–6 января (с –1,8 до –16,7 °С), 22–23 февраля (с –7,9 до –16,2 °С), – которые не оказали негативного влияния на процесс перезимовки.

В результате анализа метеорологических условий зимнего периода 2023–2024 гг. установлено отсутствие основных повреждающих факторов в виде критически низких температур. Минимальная температура воздуха, –19,2 °С, которая зафиксирована 8 января, не является критической в условиях Минского района.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Зимние периоды 2022/2023 г. и 2023/2024 г. характеризовались отсутствием критически низких температур воздуха. Весенние возвратные заморозки не оказали негативного влияния на состояние растений. Визуальных признаков подмерзания растений фундука в молодом маточнике не выявлено. С целью дополнительной проверки состояния отводков после зимнего периода и выявления возможных повреждений побегов проводили их отращивание в отапливаемом помещении.

По результатам наших исследований в местах среза все ткани (кора, камбий, ксилема, сердцевина) имели светло-зеленую окраску, вегетативные почки были живыми со светло-зелеными зачатками листочков на общем светло-зеленом фоне, что соответствует 0 баллов повреждения (рис. 1).

Рис. 1. Срезы тканей отводков фундука после отращивания в лабораторных условиях

Начало вегетации – пробуждение спящих почек на маточных кустах фундука в маточнике горизонтальных отводков в 2023 г. – отмечено в третьей декаде апреля, начало роста побегов в высоту – в первой декаде мая.

Самый активный рост отводков отмечен в июне – июле. В этот период среднесуточный прирост составил 1,8 см/сут. В течение августа – сентября среднесуточный прирост растений начал постепенно уменьшаться и составил 0,7 см/сут. К концу сентября растения заметно снижали ак-

тивность роста и достигали своей конечной высоты. К концу вегетационного периода высота отводков в маточнике в среднем составила – 134,5 см, диаметр штамба – 11,1 мм.

Укоренение отводков и образование хорошо развитой корневой системы являются одним из важных факторов при оценке отводков фундука в маточнике. Начало ризогенеза на отводках фундука (появление первых видимых корешков) было зафиксировано во второй декаде июля.

Начало массового корнеобразования зафиксировано в первой декаде августа. Количество отводков с одного погонного метра в среднем составило 32 шт., количество корней в среднем – 15,8 шт/раст., средняя длина корневой системы – 21,6 см/раст., но укореняемость была низкой и составила 2,2 балла (рис. 2).

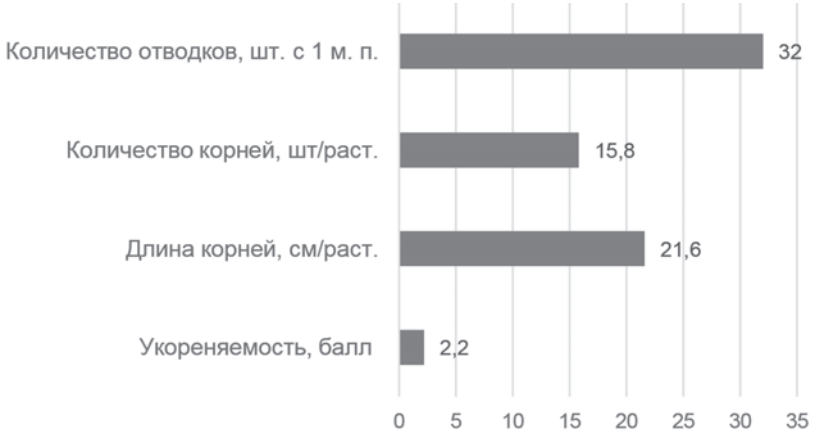


Рис. 2. Побегообразовательная способность и укореняемость отводков фундука сорта Каталонский (2023 г.)

Следовательно, разработка агротехнических приемов, направленных на стимулирование процессов развития растений фундука в отводковом маточнике, является одной из важных задач, решение которой обеспечит высокий выход стандартного посадочного материала.

В 2024 г. были определены варианты некорневого применения различных доз минеральных удобрений в период вегетации.

Начало вегетации отмечено во второй декаде апреля, начало роста побегов в высоту – в первой декаде мая, начало массового корнеобразования зафиксировано в первой декаде августа.

Динамика роста растений в 2024 г. в первой – третьей декадах июня варьировала от 1,4 до 1,9 см/сут. Во всех вариантах опыта наиболее интенсивный рост растений был отмечен в июле – от 1,9 до 2,4 см/сут. Максимальный среднесуточный прирост зафиксирован в вариантах Кристалон особый (2,0 см/сут) и Корнерост (2,4 см/сут), в контрольном варианте – 1,8 см/сут.

В течение августа среднесуточный прирост растений начинал постепенно уменьшаться. По состоянию на 26.08.2024 г. скорость роста отводков в контрольном варианте составила 0,6 см/сут, что в 1,3–1,5 раза меньше, чем в вариантах внесения удобрений (0,8–0,9 см/сут).

Различная динамика роста растений в вариантах опыта обусловила разную высоту отводков. По состоянию на 26.08.2024 г. наибольшая высота растений в вариантах Кристалон особый и Корнерост и составила 158,3–159,6 см, что на 10–11 % выше, чем в контрольном варианте. Наибольшая толщина отводков (11,1–11,5 мм) отмечена в вариантах 0,8%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия и 0,5%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия, превышая контрольный вариант в 1,1 раза.

Установлено положительное влияние применяемых минеральных удобрений на ризогенез растений и, как следствие, показатели развития корневой системы. Так, в контрольном варианте и вариантах с внесением мочевины и БлекДжека корневая система отводков характеризовалась наличием единичных корней с наименьшей длиной до 2 см. В большинстве вариантов опыта на отводках наблюдали до пяти корней длиной 2–7 см. Лучшее развитие корневой системы установлено в варианте фон + Кристалон особый, в котором количество корней составило 4–7 шт. длиной 5–8 см.

В конце вегетационного сезона проведена оценка биометрических показателей отводков фундука в маточнике. Отводки фундука сорта Каталонский во всех изучаемых вариантах соответствовали требованиям к сортовым и посевным качествам растений данной культуры. Наибольшая высота растений, отмеченная в вариантах 0,3%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия и 0,5%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия, составила 176,5 см, что на 17,2 % выше, чем в контрольном варианте (табл. 1).

Таблица 1. **Биометрические показатели надземной части отводков фундука сорта Каталонский**

Вариант	Высота отводков, см	Толщина отводков, мм	Ветвление отводков, %
Без внесения удобрений (контроль)	150,5	10,7	18,2
Фон	163,2	13,6	10,7
Фон + 0,3%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия	176,5	15,9	31,0
Фон + 0,5%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия	176,5	13,5	20,5
Фон + 0,8%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия	164,0	12,9	18,2
Фон + Кристалон особый	172,0	13,1	13,8
Фон + Корнерост	173,5	12,5	12,9
Фон + ЭлеГум-Комплекс	162,2	11,9	16,6
Фон + БлекДжек	163,5	12,6	17,2
$НСР_{0,05}$	9,45	1,34	–

Наибольшая толщина отводков отмечена в вариантах Кристалон особый (13,1 мм), на фоне внесения мочевины (13,6 мм), 0,5%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия (13,5 мм) и 0,3%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия (15,9 мм). Более сдержанным ростом и толщиной побегов отличались отводки в варианте фон + ЭлеГум-Комплекс и в контрольном варианте – 162,2 см, 11,9 мм и 150,5 см, 10,7 мм соответственно.

При измерении морфологических показателей отводков в изучаемом маточнике отмечали и важный качественный показатель – способность к побегообразованию.

Отмечено незначительное количество ветвящихся отводков в изучаемых вариантах (10,7–31,0 %), наибольший процент отмечен в вариантах: 0,5%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия (20,5 %) и 0,3%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия (31,0 %) (табл. 1). В этих вариантах растения имели наибольшее количество боковых побегов 3 и 4 шт/раст. со средней длиной 34,4 и 48,2 см соответственно.

Количество отводков с 1 м. п. маточника составило от 28 до 39 шт. в изучаемых вариантах. Лучшая укореняемость отводков отмечена в вариантах: 0,5%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия (4,0 балла), Кристалон особый (4,2 балла), 0,8%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия (4,4 балла) и 0,3-%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия (4,6 балла) (табл. 2).

Таблица 2. **Побегообразовательная способность, укореняемость и выход стандартных отводков фундука сорта Каталонский**

Вариант	Количество отводков, шт/м. п.	Выход отводков				Укореняемость отводков, балл
		стандартных		нестандартных		
		шт.	%	шт.	%	
Без внесения удобрений (контроль)	33	13	39,3	20	60,7	2,2
Фон	28	10	35,7	18	64,3	2,0
Фон + 0,3%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия	29	27	93,1	2	6,9	4,6
Фон + 0,5%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия	39	35	89,7	4	10,3	4,0
Фон + 0,8%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия	33	31	93,9	2	6,1	4,4
Фон + Кристалон особый	36	33	91,6	3	8,4	4,2

Окончание табл. 2

Вариант	Количество отводков, шт/м. п.	Выход отводков				Укореняемость отводков, балл
		стандартных		нестандартных		
		шт.	%	шт.	%	
Фон + Корнерост	31	20	64,5	11	35,5	2,9
Фон + ЭлеГум-Комплекс	30	12	40,0	18	60,0	1,8
Фон + БлекДжек	29	15	51,7	14	48,3	2,0
$НСР_{0,05}$	–	12,3	–	10,1	–	–

При изучении качества полученных отводков фундука было определено, что наибольший выход стандартных отводков получен в вариантах: 0,5%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия (89,7 %), Кристалон особый (91,6 %), 0,3%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия (93,1 %) и 0,8%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия (93,9 %), – что в 2,3–2,4 раза больше по сравнению с контрольным вариантом (39,3 %) (табл. 2).

Большое количество нестандартных отводков получено на фоне внесения мочевины (64,3 %) и ЭлеГум-Комплекса (60,0 %).

Во второй декаде сентября рост отводков в высоту остановился во всех вариантах опыта. Начало листопада за годы исследования отмечено в первой декаде ноября. Во всех изучаемых вариантах побеги к концу вегетации хорошо вызрели и верхушечные почки полностью сформировались, степень вызревания составила 5,0 балла.

ВЫВОДЫ

По результатам оценки зимостойкости установлено отсутствие признаков повреждения вегетативных органов у отводков фундука сорта Каталонский.

В результате проведенных фенологических наблюдений за маточными кустами фундука начало вегетации горизонтальных отводков отмечалось во второй – третьей декаде апреля; начало роста побегов в высоту – в первой декаде мая; начало интенсивного роста – в первой декаде июня, начало листопада отмечено в первой декаде ноября.

Установлено положительное влияние некорневого внесения минеральных удобрений на биометрические показатели надземной части и корневой системы отводков в следующих вариантах:

фон + 0,3%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия: по высоте – 176,5 см, по толщине – 15,9 мм, укореняемость отводков – 4,6 балла, выход стандартных отводков – 93,1 %;

фон + 0,8%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия: по высоте – 164,0 см, по толщине – 12,9 мм, укореняемость отводков – 4,4 балла, выход стандартных отводков – 93,9 %;

фон + 0,5%-ный раствор мочевины + 0,1%-ный раствор сульфата калия: по высоте – 176,5 см, по толщине – 13,5 мм, укореняемость отводков – 4,0 балла, выход стандартных отводков – 89,7 %;

фон + Кристалон особый: по высоте – 172,0 см, по толщине – 13,1 мм, укореняемость отводков – 4,2 балла, выход стандартных отводков – 91,6 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Козловская, З. А. Лещина. Дикие виды и фундук / З. А. Козловская, Н. В. Луговцова // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 30. – С. 289–303.

2. Беседина, Т. Д. Диагностика минерального питания фундука как метод управления продуктивностью культуры / Т. Д. Беседина // Субтропическое садоводство России и основные направления научного обеспечения его развития до 2010 года : материалы науч.-практ. конф., Сочи, 20–24 сент. 2004 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т цветоводства и субтроп. культур. – Сочи, 2004. – С. 19–24.

3. Беседина, Т. Д. Оптимизация минерального питания фундука при штамбовой формировке / Т. Д. Беседина, В. К. Козин // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы регионального сотрудничества и региональной политики горных районов : тез. докл. IV Междунар. конф., Владикавказ, 23–26 сент. 2001 г. / М-во природ. ресурсов РФ, РАН, Департамент природ. ресурсов по юж. региону, Правительство РСО-Алания [и др.]. – Владикавказ, 2001. – С. 618–619.

4. Копалиани, Р. Ш. Применение органо-минеральных удобрений в молодом саду фундука / Р. Ш. Копалиани, Н. Н. Келенджеридзе, Н. К. Келенджеридзе // Известия аграрной науки: Агрономия и Агроэкология. – 2010. – Т. 8, № 3. – С. 82–83.

5. Балабак, О. А. Удосконалення технології розмноження сортів фундука в умовах Правобережного лісостепу України / О. А. Балабак, А. В. Балабак // Вісник Уманського національного університету садівництва. – 2015. – № 2. – С. 44–47.

6. Яремко, Н. О. Позакореневе підживлення відсадків різних сортів фундука (*Corylus maxima* Mill.) у маточнику вегетативного розмноження горизонтальним способом / Н. О. Яремко // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2015. – № 3–4. – С. 66–71.

7. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: Е. Н. Джигадло [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.

8. Методика изучения клоновых подвоев в Прибалтийских республиках и Белорусской ССР / ред. И. Коченова. – Елгава : ЛСХА, 1980. – 59 с.

9. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования) : учеб. и учеб. пособия для высш. учеб. заведений / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

10. Об изменении постановления Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 29 окт. 2015 г. № 37 : постановление М-ва сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь от 20 окт. 2021 г. № 64 // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь – URL: https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22137332 (дата обращения: 12.11.2024).

PRELIMINARY STUDY OF THE EFFECT OF MINERAL NUTRITION ON THE DEVELOPMENT INDICATORS OF HAZELNUT IN A YOUNG LAYERING NURSERY

T. P. GRUSHEVA, V. A. LEVSHUNOV, M. Yu. GANUSENKO, S. V. LELES

Abstract

The research was conducted in 2023–2024 at the Nursery Department of the RUE ‘Institute of Fruit Growing’. The article presents the results of a study on the biological characteristics of growth and development in hazelnut plants within a horizontal layering nursery under varying mineral nutrition regimes.

The results showed a positive effect of foliar application of mineral fertilizers on the biometric parameters of both the aerial parts and root systems of the layers in the following treatments:

Background + 0.3 % urea solution + 0.1 % potassium sulfate solution: plant height – 176.5 cm, stem diameter – 15.9 mm, rooting score – 4.6, percentage of standard layers – 93.1 %;

Background + 0.8 % urea solution + 0.1 % potassium sulfate solution: height – 164.0 cm, diameter – 12.9 mm, rooting score – 4.4, standard layers – 93.9 %;

Background + 0.5 % urea solution + 0.1 % potassium sulfate solution: height – 176.5 cm, diameter – 13.5 mm, rooting score – 4.0, standard layers – 89.7 %;

Background + Kristalon Special: height – 172.0 cm, diameter – 13.1 mm, rooting score – 4.2, standard layers – 91.6 %.

Keywords: hazelnut, layering nursery, mineral fertilizers, development, biometric indicators, rooting ability, Belarus.

Поступила в редакцию 07.03.2025

УДК 634.54:631.84:631.559(476)

ВЛИЯНИЕ АЗОТА НА ПОКАЗАТЕЛИ УРОЖАЙНОСТИ И РОСТА ФУНДУКА В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

И. С. ЛЕОНОВИЧ, Н. Г. КАПИЧНИКОВА

РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by

АННОТАЦИЯ

Определение влияния различных доз и кратности почвенного внесения азотных минеральных удобрений на показатели урожайности и роста растений фундука проводили в промышленном плодоносящем саду, посаженном весной 2019 г. двухлетними корнесобственными растениями сорта Каталонский, ООО «Вязовецкий сад» Минской области Молодечненского района в 2023–2024 гг.

Более высокая суммарная урожайность орехов фундука за два года исследований была получена в вариантах дополнительного однократного (в мае) внесения N_{60} – 7,65 ц/га и N_{120} – 8,05 ц/га, что на 11,5 и 17,3 % соответственно больше по сравнению с контрольным вариантом – 6,86 ц/га.

Корневое внесение дополнительных доз азотных удобрений N_{60} и N_{120} в мае существенно отразилось на увеличении показателей роста растений фундука – площади поперечного сечения штамба, горизонтальной проекции и объема кроны – по сравнению с фоновым внесением N_{120}.

Ключевые слова: фундук, азот, удобрение, почвенное внесение, средняя масса ореха, урожайность, рост, площадь поперечного сечения штамба, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Фундук, как и любая другая плодовая культура, потребляет много питательных веществ из почвы, поэтому для получения ежегодно обильного урожая орехов необходимо обязательно вносить удобрения [1, 2]. Повышение урожайности возможно при оптимизации питания растений не только в период вегетации, но и на протяжении жизни сада с учетом воздействия климатических факторов на урожай, особенностей питания сорта и т. д. [3]. Правильное сочетание удобрений с другими агротехническими мероприятиями не только повышает урожайность, но и улучшает качество орехов. Более того, орехи, выращенные в холодном климате, имеют бóльшую биологическую и питательную ценность, чем таковые, выращенные в теплом, например в Италии, что достигается благодаря более высокому содержанию ненасыщенных жирных кислот, в частности вдвое более высокой концентрации линолевой кислоты [4].

Внесение минеральных удобрений в зависимости от фаз развития фундука формирует не только его продукционный потенциал, но и экологическую устойчивость к постоянно изменяющимся условиям внешней среды [5–9]. Растения, размещенные на низкоплодородных почвах, но обеспеченные оптимальным питанием, менее подвержены стрессовым ситуациям климата и болезням, они экономно используют влагу, у них формируется корневая система значительно мощнее, чем на этих же почвах без внесения минеральных удобрений [3, 10]. Главная цель внесения удобрений – добиться сбалансированного минерального питания растений по всем макро- и микроэлементам. Есть несколько основных принципов потребности растения в элементах питания (минералах) – азоте (N), фосфоре (P), калии (K), кальции (Ca), магнии (Mg), сере (S) и других элементах – относительно периода вегетации.

Для фундука, как и для плодовых, выделяют два этапа поглощения питательных веществ. Первый – от начала вегетации до окончания роста побегов и сбора урожая. Второй – после сбора урожая до глубокой осени. На первом этапе обеспечиваются ростовые процессы побегов, листьев, образование завязи, созревание орехов. Закладываются генеративные почки урожая будущего года. В этот критический период культура требовательна к питательному режиму при оптимальном влагопотреблении. Происходит интенсивное поглощение азота, который может находиться в удобрениях в различных формах и переходить в доступные или недоступные для

растения формы через взаимодействие в почве. Чем больше в почве гумуса, тем больше азота связывается и задерживается в почве, и растение имеет возможность его усвоить. Гумус выступает в роли аккумулятора азота, доступного растению. Второй этап характеризуется максимальным ростом корневой системы, продолжают развиваться генеративные плодовые почки. Происходит накопление и перераспределение пластических веществ [10–16].

Перспектива расширения площадей возделывания культуры фундука в интенсивных насаждениях на промышленной основе предполагает внесение удобрений. Применение минеральных удобрений, в частности азотных, является эффективным в повышении урожайности, но только необходимо определить оптимальные дозы, сроки и кратность их применения, дифференцированные в зависимости от возраста плантации, что и явилось *целью наших исследований*.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение влияния различных доз и кратности корневого применения азотных минеральных удобрений на рост и продуктивность растений фундука проводили в промышленном саду ООО «Вязовецкий сад» Минской области Молодечненского района в 2023–2024 гг. Сад посажен весной 2019 г. двухлетними корнесобственными растениями сорта Каталонский, схема посадки – 5 × 3 м (666 раст/га).

Вид азотного удобрения – карбамид. Сроки, дозы и кратность внесения по вариантам опыта:

1) фон (к.) – N_{120}, под первое весеннее рыхление (апрель);

2) фон + N_{60}, однократно (май);

3) фон + N_{120}, однократно (май);

4) фон + N_{60+60}, двухкратно (май, июнь).

Повторность четырехкратная, в варианте 15–16 учетных растений.

Почва участка ООО «Вязовецкий сад» дерново-палево-подзолистая, супесчаная, на пылеватых (лёссовидных) связных супесях, подстилаемых песками с глубины 0,5–0,8 м (3-й оценочный класс (низкого плодородия), 6-я бонитировочная группа); кислотность $pH_{(KCl)}$ – 6,45 (нейтральная); содержание гумуса – 1,68 % (среднее); фосфора подв. – 70,5 мг/кг (низкое); калия подв. – 300,0 (очень высокое); кальция обм. – 733,4 (низкое); магния обм. – 166,9 мг/кг (повышенное).

Система формирования растений – штамбовая чашевидная форма с 4–6 скелетными ветвями. Система содержания почвы: в приствольных полосах – гербицидный пар, в междурядьях – искусственное залужение белым клевером.

Исследования проведены согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [17], а также «Методическим указаниям по закладке и проведению опытов с удобрениями в плодовых и ягодных насаждениях» [18]. Статистическая обработка полученных данных проведена методом однофакторного дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [19].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В опыте по изучению влияния корневого внесения различных доз азотных удобрений в первый год применения (на 5-й год после посадки сада) большее количество сформировавшихся на растении орехов отмечали в варианте дополнительного двукратного внесения N_{60+60} – 106 шт/раст., но с достоверно меньшей средней массой ореха, и в контрольном варианте N_{120} – 102 шт/раст. с максимальной массой ореха в опыте (табл. 1). Соответственно, максимальная урожайность в опыте была получена в контрольном варианте – 0,43 кг/раст., или 2,86 ц/га, а также без достоверной разницы в варианте дополнительного двукратного внесения N_{60+60} – 0,41 кг/раст., или 2,73 ц/га. Достоверно меньшее количество орехов, следовательно меньшую урожайность с растения и единицы площади, получили в вариантах дополнительного однократного внесения N_{60} и N_{120}. Но поскольку растения фундука имеют двухлетний цикл формирования генеративных органов, то уровень питания текущего года отразился на урожайности только последующего года.

Таблица 1. **Показатели урожайности растений фундука в первый год после почвенного внесения различных доз азотных удобрений, 2023 г.**

Вариант	Количество орехов, шт/раст.	Средняя масса ореха, г	Урожайность съемная	
			кг/раст.	ц/га
N_{120} (к.)	102	4,2	0,43	2,86
N_{120+60}	92	4,0	0,37	2,46
$N_{120+120}$	76	4,0	0,31	2,06
$N_{120+60+60}$	106	3,9	0,41	2,73
$НСР_{0,05}$	6,3	0,20	0,028	–

На второй год после внесения удобрений (6-й год после посадки сада), согласно данным, приведенным в табл. 2, почвенное внесение повышенных доз азотных удобрений способствовало формированию достоверно большего объема генеративных образований растений фундука (женских почек): в варианте N_{120+60} – 129 шт/раст., $N_{120+60+60}$ – 126 и $N_{120+120}$ – 116 шт/раст., или больше на 26,4, 23,5 и 13,7 % соответственно по сравнению с контрольным вариантом N_{120} (102 шт/раст.).

Большее количество завязавшихся на растении орехов, следовательно более высокую урожайность с растения и единицы площади, получили в вариантах дополнительного однократного внесения N_{120} – 230 шт., 0,90 кг/раст. и 5,99 ц/га соответственно, и N_{60} – 211 шт., 0,78 кг/раст. и 5,19 ц/га соответственно с достоверной разницей по сравнению с контролем (фоновое внесение N_{120}). Средняя масса ореха была достоверно больше в вариантах дополнительного внесения азотных удобрений.

Таблица 2. **Формирование генеративных образований и урожайность растений фундука при корневом внесении различных доз азотных удобрений, 2024 г.**

Вариант	Женские почки, шт/раст.	Количество орехов, шт/раст.	Средняя масса ореха, г	Урожайность съемная		Суммарная урожайность за 2023–2024 гг., ц/га
				кг/раст.	ц/га	
N_{120} (к.)	102	176	3,4	0,60	4,00	6,86
N_{120+60}	129	211	3,7	0,78	5,19	7,65
$N_{120+120}$	116	230	3,9	0,90	5,99	8,05
$N_{120+60+60}$	126	173	3,7	0,64	4,26	6,99
$НСР_{0,05}$	10,26	20,85	0,08	0,066	–	–

Более высокая суммарная урожайность орехов за два года исследований была получена в вариантах дополнительного однократного внесения N_{60} (7,65 ц/га) и N_{120} (8,05 ц/га), что на 11,5 и 17,3 % соответственно больше по сравнению с контрольным вариантом (6,86 ц/га).

В конце вегетационных сезонов после внесения дополнительных доз азотных удобрений установлена достоверная разница между более высокими значениями показателей роста растений фундука – площадь поперечного сечения штамба (ППСШ), горизонтальная проекция и объем кроны – в вариантах дополнительного однократного внесения N_{60} и N_{120} по сравнению с контрольным вариантом и вариантом дополнительного двукратного (в мае и июне) внесения N_{60+60} (табл. 3).

Таблица 3. **Показатели роста растений фундука при почвенном внесении различных доз азотных удобрений, 2023–2024 гг.**

Вариант	ППСШ, $см^2$/раст.		Площадь горизонтальной проекции кроны, $м^2$/раст.		Объем кроны, $м^3$/раст.	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024
N_{120} (к.)	32,9	45,6	5,5	6,0	9,8	13,9
N_{120+60}	33,8	49,0	5,7	6,7	10,3	14,3

Окончание табл. 3

Вариант	ППСШ, $см^2$/раст.		Площадь горизонтальной проекции кроны, $м^2$/раст.		Объем кроны, $м^3$/раст.	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024
$N_{120+120}$	34,7	51,3	5,8	6,5	10,2	13,4
$N_{120+60+60}$	33,0	45,3	5,7	6,2	9,6	12,4
$НСР_{0,05}$	0,68	1,37	0,18	0,26	0,30	0,905

ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований по применению азотных удобрений в плодоносящем промышленном саду установлено, что внесение повышенных доз азотных удобрений способствовало закладке большего объема генеративных образований растений фундука (женских почек): в варианте N_{120+60} – 129 шт/раст., $N_{120+60+60}$ – 126 и $N_{120+120}$ – 116 шт/раст., или больше на 26,4, 23,5 и 13,7 % соответственно по сравнению с контрольным вариантом N_{120} (102 шт/раст.). Большее количество сформировавшихся на растении орехов, а следовательно более высокая съемная урожайность с растения и единицы площади, отмечено в вариантах дополнительного внесения $N_{120+120}$ – 230 шт., 0,90 кг/раст. и 5,99 ц/га соответственно, и N_{120+60} – 211 шт., 0,78 кг/раст. и 5,19 ц/га соответственно с достоверной разницей по сравнению с контролем (фоновое внесение N_{120}).

Более высокая суммарная урожайность орехов за два года исследований была получена в вариантах дополнительного однократного внесения N_{60} (7,65 ц/га) и N_{120} (8,05 ц/га), что на 11,5 и 17,3 % соответственно больше по сравнению с контрольным вариантом (6,86 ц/га).

Корневое внесение дополнительных доз азотных удобрений однократно в мае (N_{60} и N_{120}) существенно отразилось на увеличении показателей роста растений фундука – ППСШ, горизонтальная проекция и объем кроны – по сравнению с фоновым внесением N_{120} в апреле.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гибайло, В. Н. Фундук. Технология выращивания / В. Н. Гибайло, Н. А. Москаленко // Науч.-исслед. ин-т садоводства им. Л. П. Симиренко, 23.09.2016. – URL: https://sadco.com.ua/ru/stock/statti_funduk_b/ (дата обращения: 15.10.2019).

2. Impact of NPK fertilization on hazelnut yield and soil chemical-microbiological properties of Hazelnut Orchards in Western Georgia / R. Kizilkaya, G. Dumbadze, C. Gülser, L. Jgenti // Eurasian Journal of Soil Science. – 2022. – Vol. 11, № 3. – P. 206–215.

3. Беседина, Т. Д. Антропогенное воздействие на растение фундука и почвы субтропиков России / Т. Д. Беседина // 110 лет в субтропиках России : сб. науч. тр. / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т цветоводства и субтропических культур ; редкол.: И. А. Кравцов [и др.]. – Сочи, 2004. – Вып. 39, ч. 2. – С. 380–388.

4. Выращивание ореха фундука в Польше // Пропозиція – Главный журнал по вопросам агробизнеса, 01.05.2018. – URL: https://propozitsiya.com/vyrashchivanie-oreha-funduka-v-polshe (дата обращения: 03.10.2019).

5. Инновационная технология выращивания фундука в условиях юга и центрального Черноземья / В. Г. Махно, Т. Д. Беседина, Э. К. Пчихачев [и др.] ; Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т цветоводства и субтроп. культур. – Белгород : ЛитКараВан, 2014. – 304 с.

6. Колесников, В. А. Частное плодоводство / В. А. Колесников. – М. : Колос, 1973. – 465 с.

7. Беседина, Т. Д. Оптимизация минерального питания фундука при штамбовой формировке / Т. Д. Беседина, В. К. Козин // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы регионального сотрудничества и региональной политики горных районов : тез. докл. участников IV Междунар. конф., Владикавказ, 23–26 сент. 2001 г. / М-во природ. ресурсов РФ, РАН, Департамент природ. ресурсов по юж. региону, Правительство РСО-Алания [и др.]. – Владикавказ, 2001. – С. 618–619.

8. Копалиани, Р. Ш. Применение органо-минеральных удобрений в молодом саду фундука / Р. Ш. Копалиани, Н. Н. Келенджеридзе, Н. К. Келенджеридзе // Известия Аграрной науки : Агрономия и Агроэкология. – 2010. – Т. 8, № 3. – С. 82–83.

9. Беседина, Т. Д. Агроэкологические критерии возделывания фундука во влажных субтропиках России / Т. Д. Беседина, Ц. В. Тутберидзе // Научные труды СКФНЦСВВ : сб. науч. тр. / Сев.-Кавк. федер. науч. центр садоводства, виноградарства, виноделия ; отв. за вып.: Е. А. Егоров (гл. ред.) [и др.]. – Краснодар, 2019. – Т. 25. – С. 104–113.

10. Махно, В. Г. Перспективы промышленного выращивания фундука в предгорьях Северного Кавказа / В. Г. Махно // Сб. науч. тр. НИИ горного садоводства и цветоводства. – Сочи, 1985. – Вып. 32. – С. 60–67.

11. Удобрение и орошение фундукового сада. – URL: https://orehovod.com/articles/57-udobrenie-i-oroshenie-fundukovogo-sada.html (дата обращения: 15.05.2020).

12. Лещина (орешник): выращивание, посадка и уход, обрезка и сорта. – URL: https://floristics.info/ru/stati/sad/3577-leshchina-oreshnik-vyrashchivanie-posadka-i-ukhod-obrezka-i-sorta.html (дата обращения: 03.10.2019).

13. Тхагушев, Н. А. Орехоплодные Краснодарского края / Н. А. Тхагушев. – Майкоп : Адыг. респ. кн. изд-во, 2003. – 320 с.

14. Olsen, J. Nitrogen management in Oregon hazelnuts / J. Olsen // Acta Horticulturae. – 1997. – Vol. 445. – P. 263–268.

15. Effect of nitrogen, boron and iron fertilization on yield and nut quality of 'Negret' hazelnut trees / J. Tous, A. Romero, J. Plana [et al.] // Acta Horticulturae. – 2005. – Vol. 686. – P. 277–280.

16. Updating hazelnut nitrogen requirements for modern production practices / N. G. Wiman, H. Andrews, K. Transue [et al.] // Acta Horticulturae. – 2023. – Vol. 1379. – P. 259–264. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2023.1379.36.

17. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол. Е. Н. Джигадло [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.

18. Методические указания по закладке и проведению опытов с удобрениями в плодовых и ягодных насаждениях / Всесоюз. произв.-науч. об-ние по агрохим. обслуж. сел. хоз-ва «Союзсельхозхимия», Центр. ин-т сельхозхимии, Центр. ин-т агрохим. обслуж. сел. хоз. – М. : ЦИНАО, 1981. – 39 с.

19. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учеб. пособие / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1979. – 416 с.

EFFECT OF NITROGEN ON YIELD AND GROWTH INDICATORS OF HAZELNUT UNDER CONDITIONS OF BELARUS

I. S. LEONOVICH, N. G. KAPICHNIKOVA

Abstract

The effect of different rates and frequencies of soil-applied nitrogen fertilizers on the yield and growth parameters of hazelnut was studied in a commercial fruit-bearing orchard planted in spring 2019 with two-year-old own-rooted plants of the cultivar Catalonsky. The research was conducted in 2023–2024 at the 'Vyazovetsky Sad' LLC, Molodechno District, Minsk Region.

Over the two years of the study, higher cumulative nut yields were obtained in the treatments with additional single applications of N_{60} and N_{120} in May – 7.65 and 8.05 c/ha, respectively – which was 11.5 % and 17.3 % higher compared to the control (6.86 c/ha).

Soil application of additional nitrogen doses in May (N_{60} and N_{120}) significantly increased plant growth indicators- trunk cross-sectional area (TCSA), horizontal crown projection area, and crown volume – compared to the baseline N_{120} application.

Keywords: hazelnut, nitrogen, fertilizer, soil application, average nut weight, yield, growth, trunk cross-sectional area, Belarus.

Поступила в редакцию 18.02.2025

УДК 634.8:631.526.32:663.222(476)

ЛОРЭД – ПЕРВЫЙ БЕЛОРУССКИЙ СОРТ ВИНОГРАДА ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТОЛОВОГО СУХОГО ВИНА

В. Н. УСТИНОВ, Г. А. НОВИК, А. М. КРИВОРОТ

РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by

АННОТАЦИЯ

Лорэд – сложный межвидовой гибрид винограда, полученный в результате отбора высокопродуктивного клона 23-1 сорта французской селекции Маршал Фош в РУП «Институт плодоводства». Относится к сортам раннего срока созревания с повышенной морозоустойчивостью. Обладает повышенной устойчивостью к милдью, оидиуму, серой гнили (2 балла), что позволяет культивировать его при минимальной профилактической химической защите.

Для использования в виноделии сбор урожая начинают во второй декаде сентября. Пригодность сорта для изготовления столовых сухих вин определяется биохимическим составом ягод: РСВ – 22,9 %, сумма сахаров – 22,2 %, титруемая кислотность – 8,2 %. Максимальную дегустационную оценку (9,7 балла) по комплексу показателей получило вино сухое столовое из сорта Лорэд с добавлением дрожжей Bourgovin RC 212.

Сорт передан на государственное сортоиспытание в 2024 г.

Ключевые слова: виноград, селекция, сорт, клон, вино, вкус, органолептическая оценка, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Сортоизучение винограда в Беларуси начато в 1932 г. опытником И. И. Шевчуком в г. Пинске. Он изучил около 120 сортов винограда, ряд из которых не имел аналогов в СССР. Далее продолжили работу А. В. Могучий, В. В. Бродский, А. П. Савченко. Большой вклад в изучение винограда в условиях Беларуси внес Р. Э. Лойко, положивший начало ампелографической коллекции в РУП «Институт плодоводства» [1–4].

В настоящее время благодаря научным исследованиям доктора сельскохозяйственных наук Р. Э. Лойко и научного сотрудника В. Н. Устинова, а также активному обмену с коллегами из других научно-исследовательских учреждений сформирована и поддерживается ампелографическая коллекция, насчитывающая 541 сорт из 25 стран [5, 6].

Селекция винограда насчитывает около 7 тыс. лет. За этот период из дикого винограда деятельностью человека созданы тысячи сортов, отличающихся большим многообразием по морфологическим и хозяйственным признакам, биологическим свойствам.

Основная задача селекции заключается в совершенствовании природы виноградной лозы, отборе сортов для конкретных районов возделывания и выведении новых высокоурожайных, высококачественных сортов следующих направлений:

морозоустойчивые и зимостойкие технические сорта с коротким периодом вегетации, не требующие укрытия на зиму – нужны особенно для северного виноградарства, по урожайности и качеству не должны уступать лучшим районированным сортам;

очень рано- и раносозревающие технические, в ягодах которых гармонично сочетаются сахара и кислоты;

устойчивые против болезней и вредителей, особенно против милдью, оидиума, серой гнили, филлоксеры [7–9].

Клоновая селекция – один из методов повышения урожайности культивируемых сортов винограда, улучшения их биологических и хозяйственно ценных признаков, оздоровления растений от возбудителей болезней. В задачу клоновой селекции входит устранение тех недостатков, которые снижают общую оценку сорта (низкая урожайность, мелкие грозди, горошение ягод). Она ведется методом массового и индивидуального отбора и закреплением в потомстве почковых вариаций. Наилучших результатов при клоновой селекции можно ожидать от работы с сортами давнего происхождения, у которых за длительный период культивирования накопились стабильные внутрисортовые отклонения [10, 11].

Игнорирование клоновой селекции приводит к тому, что до 30 % кустов оказываются малоурожайными. В настоящее время в мире по распространенным сортам винограда официально зарегистрировано и описано более 3 тыс. клонов, бóльшая часть которых значительно превосходит по продуктивности базовые насаждения сортов. Отобранные клоны передают на государственные сортоиспытательные участки, из них заготавливают черенки для размножения и создания маточников [10, 11].

В настоящее время в государственном реестре сортов сельскохозяйственных растений Республики Беларусь отсутствуют отечественные сорта винограда технического назначения [12]. Поэтому создание первых отечественных сортов, в том числе с использованием клоновой селекции, является очень актуальным.

Цель исследований – создать первый отечественный сорт винограда технического назначения, обладающий высоким потенциалом для изготовления столовых сухих вин.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований является перспективный технический гибрид винограда 23-1 (Лорэд) 2019 г. посадки корнесобственными растениями в саду первичного сортоизучения отдела селекции плодовых культур РУП «Институт плодоводства» (аг. Самохваловичи Минского района). Контроль – районированный сорт французской селекции Маршал Фош. Количество растений изучаемых сортов – по 10 шт. Схема посадки – 3,0 × 1,5 м (плотность – 2222 раст/га).

Почва на участке изучения дерново-подзолистая, среднеоподзоленная, развивающаяся на мощном лёссовидном суглинке. Содержание приствольных полос и междурядий – естественное залужение.

Климат в месте проведения исследований умеренно континентальный: зима мягкая и влажная, лето относительно прохладное и солнечное. Континентальность климата подчеркивается амплитудой годовой температуры воздуха и продолжительностью вегетационного периода. Сумма активных температур в этой зоне составляет 2300–2500 °С. Вегетационный период в среднем длится 185–200 дней: начинается 10–15 апреля, а прекращается 20–25 октября. Сумма атмосферных осадков за год колеблется от 650 до 500 мм. За теплый период сумма осадков составляет 450 мм [13].

Агробиологические учеты, наблюдения и изучение проводили по общепринятым методикам в виноградарстве [14–16].

Зимостойкость сортов винограда определяли по проценту распустившихся глазков по следующей шкале (балл): 0 – распустившихся нет или распустились только единичные глазки (до 10 % – принятая нами градация) (незимостойкие); 1 – распустилось до 20 % (от 10 до 20 % – принятая нами градация) (менее четвертой части) глазков (очень низкая зимостойкость); 2 – распустилось от 20 до 40 % глазков (низкая зимостойкость); 3 – распустилось от 40 до 60 % глазков (средняя зимостойкость); 4 – распустилось от 60 до 80 % (примерно три четверти) глазков (высокая зимостойкость); 5 – распустились почти все глазки (очень высокая зимостойкость).

Агротехнические мероприятия по уходу за виноградником: открытие, санитарная обрезка, формирование и обрезка кустов технических сортов винограда в соответствии со схемой опытов, сухая подвязка лозы, косьба травы в междурядьях, некорневые и корневые подкормки удобрениями, ручная прополка возле растений или мульчирование прикустовых кругов опилками или соломой, зеленые операции.

Отбор образцов свежего винограда осуществляли по мере созревания согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (ВНИИСПК, Орёл, 1999) [17].

Химические показатели свежего винограда и опытных образцов вина определяли в трехкратной повторности следующими методами:

растворимые сухие вещества (РСВ) – рефрактометрическим методом по ГОСТ ISO 2173-2013 [18];

сахара – ареометрическим методом [19];

титруемые кислоты – титриметрическим методом по ГОСТ ISO 750-2013 [20];

pH – потенциометрическим методом [19].

Органолептические показатели вина определяла дегустационная комиссия РУП «Институт плодоводства» по дегустационной системе, включающей оценку образца по 10-балльной шкале и его развернутую описательную характеристику [21].

Опытные образцы вина изготавливали по общепринятой технологии производства сухого столового вина [22–25].

Математическую обработку результатов осуществляли при помощи программного пакета Microsoft Excel [26].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В 2012 г. в селекционном саду отдела селекции плодовых культур РУП «Институт плодоводства» была проведена массовая клоновая селекция сорта Маршал Фош. Путем отбора и размножения самых лучших по тем или иным признакам кустов с целью повышения хозяйственной ценности были выявлены кусты с полезными формами изменчивости. Произведен отбор и оценка экземпляров, сохранивших ценные свойства, выделены в качестве маточных растения для клоноиспытания. Осенью заготовлены черенки с селекционным номером куста, и из них затем выращены саженцы. На участок первичного клоноиспытания высажено не менее 10 саженцев.

Учет и наблюдения на клоновых посадках начали с 3-го года после посадки и вели на протяжении трех лет товарного плодоношения по методике первичного сортоизучения. По результатам трехлетней оценки элитный клон 23-1 выделен для конкурсного испытания, а по результатам первичного и конкурсного испытания в 2024 г. клон 23-1 (сорт винограда под названием Лорэд) передан на государственное испытание.

Зимостойкость. Зимостойкость, общее состояние и отрастание побегов у растений винограда оценивали в естественных условиях.

Проведенный учет зимостойкости растений винограда в полевых условиях показал, что растения обоих изучаемых сортов перезимовали хорошо.

Погодные условия зимне-весеннего периода 2023–2024 гг. не оказали существенного влияния на перезимовку и сохранность кустов изучаемых сортов. Зимнее подмерзание кустов не отмечено (0 баллов).

В ночь с 7 на 8 мая наблюдалось понижение температуры до –2 °С на уровне почвы. У кустов изучаемых объектов исследований отмечена гибель глазков до 70 %.

Начало вегетации у изучаемых сортов винограда отмечали с момента распускания глазков, когда среднесуточная температура установилась выше +10 °С. Начало вегетации в 2024 г. наблюдалось на декаду раньше по сравнению со среднемноголетними наблюдениями. Более раннее распускание глазков отмечено у сорта Лорэд (22 апреля). В этом же году отрастание побегов шло опережающими темпами.

Проведенный учет прохождения фенофазы «начало созревания ягод» у изучаемых сортообразцов винограда показал, что начало созревания в текущем году отмечено в третьей декаде августа, что на декаду раньше по сравнению со среднемноголетними значениями. В этот период среднесуточная температура воздуха была +17…+19 °С. Более раннее созревание отмечено у сорта Лорэд (28 августа), позднее ягоды созрели у стандартного сорта Маршал Фош (30 августа).

Морфологическое описание сорта Лорэд (23-1). Кусты средней силы роста, на плодородных почвах – выше средней. Побеги средней толщины. Длина междоузлий короткая. Диаметр междоузлий средний. Поперечное сечение одревеснев шего побега круглое. Поверхность одревеснев шего побега гладкая, основная окраска коричневая.

Время распускания почек раннее. Верхушка молодого побега открытая наполовину. Побеги прямостоящие. Распределение усиков на побеге (число последовательных усиков) – 1–2. Длина усиков средняя.

Окраска верхней поверхности молодых листьев желтая. Листья средние, округлые. Форма листовой пластинки пятиугольная, трехлопастная. Черешковая выемка открытая, сводчатая. Опушение на нижней поверхности листа отсутствует. Цветок обоеполый.

Грозди небольшие и средние по величине, со средним весом 105 г. Гроздь цилиндрическая или цилиндроконическая, среднеплотная и плотная. Ягоды мелкие (массой 0,8–1,5 г), округлые, темно-фиолетовые. Мякоть сочная, нежная, расплывающаяся. Вкус тонкий, гармоничный, с легким фруктовым привкусом. Кожица тонкая, но прочная. Сок сильно окрашен. Срок потребления: сентябрь – октябрь. Сорт технического назначения.

Сорт не любит высоких температур. Хорошо растет на песчаных почвах. Вызревание побегов очень хорошее (90 %). Плодоносных побегов – около 70 %. Коэффициент плодоношения – 0,7, плодоносности – 1,5–1,7. На одном плодоносном побеге в среднем 1,6 соцветия. Рекомендуется повышенная нагрузка глазками с последующей обломкой бесплодных побегов. Нагрузка на куст – 45–55 глазков, обрезка – на 5–8 глазков.

Новый сорт винограда технического назначения Лорэд

Устойчивость к болезням. За период исследований с целью профилактики массового распространения основных заболеваний (милдью и оидиум) и вредителей (тля, чешуекрылые, долгоносики), а также для роста и развития растений винограда были проведены обработки насаждений препаратами, не включенными в Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь, для культуры винограда, но рекомендуемыми к использованию по результатам научных, регистрационных или поисковых испытаний: апрель – Азофос, 8 кг/га; май – Луна Транквилити, 1,5 л/га + Актара, 0,125 кг/га + Лифдрип рост, 3,0 кг/га; июнь – Миравис, 0,5 л/га + Мовенто Энерджи, 2,0 л/га; июль – Кальдера, 1,5 кг/га + Лифдрип урожай, 3 кг/га. У сорта Лорэд отмечено незначительное поражение листьев милдью и оидиумом – до 1 балла, в таких же условиях стандартный сорт Маршал Фош был поражен милдью и оидиумом на 3 балла (табл. 1).

Таблица 1. **Сравнительная хозяйственно-биологическая характеристика сорта винограда Лорэд**

Показатель	Маршал Фош (стандарт)	Лорэд (23-1)
Сила роста	Среднерослый	Среднерослый
Зимостойкость, балл	7	7
Поражаемость милдью, %	3	1
Поражаемость оидиумом, %	3	1
Срок созревания	Ранний	Ранний
Сумма активных температур для созревания ягод, °С	2350	2300
Масса грозди, г	95	105
Масса ягоды, г	1,1	1,1
Окраска	Темно-фиолетовая	Темно-фиолетовая
Форма	Округлая	Округлая
Вкус	Фруктовый	Фруктовый

Окончание табл. 1

Показатель	Маршал Фош (стандарт)	Лорэд (23-1)
Урожайность, кг/раст.	3,2	3,6
т/га	7,1	8,0
Содержание в ягодах:		
сухого вещества, %	23,0	23,5
сахаров, %	22,3	22,8
кислот, %	7,8	7,5
Назначение	Технический	Технический
Себестоимость единицы продукции, руб/кг	2,0	1,8
Уровень рентабельности, %	60	66

Урожайность и механический состав ягод. Сорт характеризуется скороплодностью (вступает в плодоношение на 2-й год после посадки однолетними саженцами). На 6-й год после посадки получено в среднем 3,6 кг ягод с куста. Урожайность при плотности 2222 раст/га (схема посадки – 3,0 × 1,5 м) составила 8,0 т/га. Рентабельность нового сорта Лорэд – 66 %.

Механический состав винограда колеблется в широких пределах в зависимости от сортообразца, степени зрелости ягод и экологических условий. Механический состав винограда характеризуется массовыми и числовыми соотношениями отдельных структурных элементов гроздей и ягод. Данные механического анализа позволяют правильно решать вопросы наиболее целесообразного использования винограда разных сортов. По механическому составу грозди обоих изучаемых сортов относятся к типично винным сортам (табл. 2).

Таблица 2. **Механический состав грозди винограда, 2024 г.**

Сорт	Средняя масса грозди, г	Среднее число ягод в грозди	Сок, %	Гребни, %	Кожица и твердые части мякоти, %	Семена, %	Масса 100 ягод, г	Масса 100 семян, г
Маршал Фош	95	81	69,7	4,7	19,4	6,2	111,7	3,9
Лорэд	105	88	68,7	4,4	20,9	6,0	114,1	3,8
$НСР_{0,05}$	6,25	4,96	–	–	–	–	2,48	–

По средней массе грозди и количеству ягод сорт Маршал Фош уступает сорту Лорэд: 95 против 105 г и 81 против 88 ягод соответственно.

По содержанию сока в ягодах сорта винограда подразделяются на четыре группы:

с низким содержанием сока (менее 60 %);

средним содержанием сока (61–70 %);

высоким содержанием сока (71–80 %);

очень высоким содержанием сока (более 80 %).

В данном случае по содержанию сока оба сортообразца входят в группу со средним содержанием (61–70 %).

По содержанию гребней в гроздях (в % от массы грозди) сорта винограда также делятся на четыре группы:

с низким содержанием гребней (менее 2,0 %);

средним содержанием гребней (2,1–4,0 %);

высоким содержанием гребней (4,1–6,0 %);

очень высоким содержанием гребней (более 6,0 %);

У изучаемых сортообразцов содержание гребней было следующим: 4,4 % – у гибрида 23-1 и 4,7 % – у сорта Маршал Фош.

По содержанию кожицы и твердых частей мякоти (твердый остаток по отношению к массе ягод) сорта делятся на четыре группы:

с очень низким содержанием (менее 10,0 %);

низким содержанием (10,1–20,0 %);

средним содержанием (20,1–30,0 %);

высоким содержанием (более 30,0 %).

Сорт Маршал Фош вошел во вторую группу, с низким содержанием (19,4 %), а сорт Лорэд – в группу со средним содержанием (20,9 %), что для винных сортов, особенно красных, важно, так как при выдержке красных вин большое значение имеют элементы кожицы.

Пригодность для изготовления вина. Для изготовления сухого столового вина виноград технического назначения в условиях Беларуси должен достигнуть потребительской степени зрелости.

В процессе скрининга биохимического состава ягод изучаемых сортов было определено, что максимальное количество РСВ было у сорта Лорэд – 22,9 % при сумме сахаров 22,2 %, титруемая кислотность – 8,2 %; у сорта Маршал Фош первые два показателя были ниже – 21,7, 21,2 и 8,7 % соответственно. Уровень pH у сортов находился в пределах 2,79–2,83.

Кожица была равномерно окрашена, равно как и сок, так как виноград достиг полной потребительской зрелости (табл. 3).

Таблица 3. **Содержание РСВ, сахаров, органических кислот и степень окрашивания сока в ягодах винограда нового сорта Лорэд в сравнении с контрольным сортом Маршал Фош, 2023–2024 гг.**

Сорт	РСВ, %	Сумма сахаров, %	Титруемая кислотность, %	pH	Наличие окраски сока
Маршал Фош	21,7	21,2	8,7	2,79	Окрашен
Лорэд	22,9	22,2	8,2	2,83	Окрашен
$НСР_{0,05}$	1,86	1,37	1,08	0,13	–

Важными показателями при изготовлении сухого столового вина являются отрыв ягоды от гребней и выход сока. Отрыв ягоды от гребня у всех изучаемых сортообразцов был легким, без усилий. Выход сока у винограда сорта Лорэд составил 77,5 %, а у сорта Маршал Фош – 75,3 % (табл. 4).

Таблица 4. **Выход сока и наличие твердого остатка у образцов нового сорта Лорэд в сравнении с контрольным сортом Маршал Фош (2023–2024 гг.), %**

Сорт	Выход сока	Гребни
Маршал Фош	75,3	7,2
Лорэд	77,5	6,8
$НСР_{0,05}$	3,10	2,45

Дегустационную оценку опытных образцов вина, изготовленного из винограда урожая 2023 г., проводили в 2024 г., когда вина были сформированы и стабилизированы (брожение, тихое брожение, яблочно-молочное брожение, криостабилизация).

По результатам дегустационной оценки все изучаемые опытные образцы столового сухого вина характеризовались высоким качеством, что подтверждено баллами (от 8,2 до 9,7) в зависимости от варианта (табл. 5).

Прозрачность и цвет вин из изучаемых сортов были в пределах максимальной оценки (0,5 балла).

Таблица 5. **Органолептические показатели вина столового сухого из винограда урожая 2023 г., балл**

Наименование винодельческой продукции (сорт и дрожжи)	Оценка по 10-балльной системе					
	Прозрачность (до 0,5)	Цвет (до 0,5)	Аромат (букет) (до 3,0)	Вкус (до 5,0)	Типичность (пенистые и игристые свойства) (до 1,0)	Общая оценка
Маршал Фош + VR-21	0,5	0,5	2,4	3,8	1,0	8,2
Маршал Фош + Bourgovin RC 212	0,5	0,5	2,5	4,3	1,0	8,8
Лорэд + VR-21	0,5	0,5	2,5	4,0	1,0	8,5
Лорэд + Bourgovin RC 212	0,5	0,5	2,9	4,8	1,0	9,7

Все вина имели насыщенно-бордовый цвет с фиолетовым подтоном, что обычно присуще винам из гибридных форм винограда. Следует отметить, что прозрачность и цвет вина всех опытных вариантов соответствовали требованиям ГОСТ 32030-2021 [27].

Максимальная оценка за аромат была у сорта Лорэд с добавлением дрожжей Bourgovin RC 212 – 2,9 балла. У сорта Маршал Фош с такими же дрожжами дегустационная комиссия оценила аромат на 2,5 балла.

Вкус изучаемого вина столового сухого, изготовленного из сорта Лорэд с дрожжами VR-21, оценили на 4,0 балла, а вкус вина из этого же сорта, но с дрожжами Bourgovin RC 212 оценили на 4,8 балла.

У вина из сорта Лорэд с дрожжами Bourgovin RC 212 во вкусе присутствовали тона вишни и темных ягод, которые оттенялись ярким вкусом и ароматом сливочного йогурта.

Все образцы вина были типичными и по этому показателю получили 1,0 балла.

Максимальной суммой баллов по комплексу показателей дегустационная комиссия отметила вино сухое столовое из сорта Лорэд с добавлением дрожжей Bourgovin RC 212 (9,7 балла).

ВЫВОДЫ

Создан первый сорт винограда отечественной селекции Лорэд (23-1) технического назначения раннего срока созревания. Характеризуется высокой зимостойкостью, устойчивостью к грибным болезням, скороплодностью (вступает в плодоношение на 2-й год после посадки однолетними саженцами), высокой потенциальной урожайностью (8 т/га), хорошим вызреванием побегов. Куст обладает силой роста выше средней. Хорошо растет на любых почвах. Нагрузка на куст – 45–55 глазков. Цветок обоеполый. Гроздь мелкая, цилиндрическая, среднеплотная, весом 105 г. Ягода мелкая (1,1 г), округлая, темно-фиолетовая. Мякоть сочная с легким фруктовым привкусом, кожица тонкая. Сок сильно окрашен. Срок потребления: сентябрь – октябрь. Сорт технического назначения.

Биохимический состав ягод сорта Лорэд: РСВ – 22,9 %, сумма сахаров – 22,2 %, титруемая кислотность – 8,2 %, уровень pH – 2,83. Выход сока у сорта Лорэд – 77,5 %.

В целом сорт Лорэд превосходит стандартный сорт Маршал Фош по срокам созревания, массе грозди, урожайности (на 13 %), а также по содержанию растворимых сухих веществ и сахаров. Уровень рентабельности нового сорта составляет 66 %.

Все образцы вина, изготовленные из сырья сорта Лорэд, имели насыщенно-бордовый цвет с фиолетовым подтоном, что обычно присуще винам из гибридных форм винограда. Прозрачность и цвет вина соответствуют требованиям ГОСТ 32030-2021.

По результатам дегустационной оценки самой высокой суммой баллов (9,7) по комплексу показателей отмечено вино сухое столовое из сорта Лорэд с добавлением дрожжей Bourgovin RC 212.

Сорт винограда Лорэд рекомендован для промышленного и приусадебного возделывания, что позволит расширить сортимент винограда с ранним сроком созревания ягод для технической переработки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лойко, Р. Э. Виноград (*Vitis* L.), абрикос (*Armeniaca* Scop.), орех грецкий (*Juglans regia* L.) в Беларуси : дис. … д-ра с.-х. наук : 06.01.05 / Лойко Ромуальд Эдуардович. – Самохваловичи, 1998. – 305 с.

2. Лойко, Р. Э. Виноградный сад / Р. Э. Лойко. – Минск : Лазурак, 1999. – 176 с.

3. Лойко, Р. Э. Северный виноград / Р. Э. Лойко. – М. : Изд. дом МСП, 2003. – 256 с.

4. Савченко, А. П. Биологические особенности винограда в условиях БССР : автореф. дис. … канд. биол. наук : 06.01.07 / Савченко Александр Петрович ; Ин-т эксперим. ботаники и микробиологии. – Минск, 1965. – 21 с.

5. Козловская, З. А. Интродукция винограда и перспективы его выращивания в Беларуси / З. А. Козловская, А. В. Бут-Гусаим, В. Н. Устинов // Вестник Полесского государственного университета. – 2009. – С. 37–43.

6. Оценка сортов винограда на пригодность к изготовлению сока прямого отжима / Г. А. Новик, М. Г. Максименко, О. С. Караник [и др.] // Плодоводство Беларуси: от традиций к инновациям : материалы Междунар. науч. конф., Самохваловичи, 18–19 авг. 2022 г. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – С. 129–133.

7. Виноградарство России: настоящее и будущее / Е. А. Егоров, А. М. Аджиев, К. А. Серпуховитина [и др.]. – Махачкала : Новый день, 2004. – 438 с.

8. Ларькина, М. Д. Основные методы селекции винограда : учеб.-метод. пособие / М. Д. Ларькина, Г. Е. Никулушкина, М. А. Никольский ; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Куб. гос. аграр. ун-т, Анап. фил. – Краснодар : Изд. Дом – Юг, 2015. – 39 с.

9. Морозова, Г. С. Виноградарство с основами ампелографии (практический курс) / Г. С. Морозова. – М. : Колос, 1978. – 287 с.

10. Смирнов, К. В. Методы селекции винограда / К. В. Смирнов // Виноградарство : учеб. для вузов по специальности «Плодоовощеводство и виноградарство» / К. В. Смирнов, Т. И. Калмыкова, Г. С. Морозова ; под ред. К. В. Смирнова. – М., 1987. – С. 90–100.

11. Смирнов, К. В. Клоновая селекция винограда / К. В. Смирнов // Виноградарство : учеб. для вузов по специальности «Плодоовощеводство и виноградарство» / К. В. Смирнов, Т. И. Калмыкова, Г. С. Морозова ; под ред. К. В. Смирнова. – М., 1987. – С. 327–329.

12. Государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений / Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений ; ред. В. А. Бейня ; сост.: Т. В. Семашко [и др.]. – Минск : [б. и.], 2023. – 300 с.

13. Леонович, И. С. Ампелографическая коллекция РУП «Институт плодоводства» (Республика Беларусь) / И. С. Леонович, В. Н. Устинов. – Минск : Колорград, 2017. – 64 с.

14. Лазаревский, М. А. Изучение сортов винограда / М. А. Лазаревский. – Ростов н/Д : изд. Рост. ун-та, 1963. – 152 с.

15. Генетические основы и методика селекции плодовых культур и винограда / З. А. Козловская, С. А. Ярмолич, О. А. Якимович [и др.] ; под общ. ред. З. А. Козловской ; НАН Беларуси, Ин-т плодоводства. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 249 с.

16. Зармаев, А. А. Виноградарство с основами технологии первичной переработки винограда : учеб. для вузов / А. А. Зармаев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2023. – 683 с.

17. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: Е. Н. Джигадло [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.

18. Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ : ГОСТ ISO 2173-2013. – Взамен ГОСТ 28562-90 ; введ. 01.07.2015. – М. : Стандартинформ, 2014, 2019. – IV, 7 с.

19. Методы технохимического контроля в виноделии / под ред. В. Г. Гержиковой. – 2-е изд. – Симферополь : Таврида, 2009. – 304 с.

20. Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности : ГОСТ ISO 750-2013. – Взамен ГОСТ 25555.0-82 ; введ. 01.07.2015. – М. : Стандартинформ, 2018, 2019. – II, 5 с.

21. Валуйко, Г. Г. Технологія вина / Г. Г. Валуйко, В. А. Домарецкий, В. О. Загоруйко. – Київ : Центр навч. літ., 2003. – 592 с.

22. Производство вина по красному способу – современные принципы производства вина. – URL: https://vinograd.info/knigi/teoriya-i-praktika-vinodeliya/proizvodstvo-vina-po-krasnomu-sposobu-26.html (дата обращения: 10.05.2023).

23. Дергунов, А. В. Оптимизация технологических и агроэкологических параметров производства высококачественной продукции / А. В. Дергунов, Н. Н. Перов // Организационно-экономический механизм инновационного процесса и приоритетные проблемы научного обеспечения развития отрасли : материалы науч.-практ. конф. (3–4 февр. 2003 г.) / отв. ред. Э. В. Макарова. – Краснодар, 2003. – С. 487–495.

24. Лежерон, И. Натуральное вино: органические и биодинамические вина, которые производятся натуральным методом / И. Лежерон ; пер. с англ. Н. Гончарова. – London ; New York : CICO Books, 2018. – 224 с.

25. Методическое и аналитическое обеспечение организации и проведения исследований по технологии производства винограда / под ред. К. А. Серпуховитиной. – Краснодар : ГНУ СКЗНИИСиВ, 2010. – 182 с.

26. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учеб. / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

27. Виноград свежий машинной и ручной уборки для промышленной переработки. Технические условия : ГОСТ 31782-2012. – Введ. 01.01.2014. – М. : Стандартинформ, 2014. – II, 5 с.

LORED – THE FIRST BELARUSIAN TECHNICAL GRAPE CULTIVAR FOR DRY TABLE WINE PRODUCTION

V. N. USTINOV, G. A. NOVIK, A. M. KRIVOROT

Abstract

Lored is a complex interspecific grape hybrid developed through the selection of the highly productive clone 23-1 of the French-bred cultivar Marshal Foch at the RUE ‘Institute of Fruit Growing’. It is an early-ripening variety with enhanced winter hardiness and increased resistance to downy mildew, powdery mildew, and gray mold (disease rating: 2 points), allowing for cultivation with minimal preventive chemical treatments.

Harvesting for winemaking begins in the second ten-day period of September. The cultivar’s suitability for dry table wine production is confirmed by the biochemical composition of the berries: total soluble solids – 22.9 %, sugar content – 22.2 %, titratable acidity – 7.5 %. The highest sensory evaluation (9.7 points) was given to dry table wine made from Lored grapes with the addition of Bourgovin RC 212 yeast, based on a comprehensive set of quality indicators.

The cultivar was submitted for official variety testing in 2024.

Keywords: grape, breeding, cultivar, clone, wine, taste, organoleptic evaluation, Belarus.

Поступила в редакцию 20.03.2025

Раздел 2

ПЛОДОВОДСТВО И ЯГОДОВОДСТВО ЗА РУБЕЖОМ

УДК [634.22+634.711]:581.192

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ В ОЦЕНКЕ СЕЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ПЛОДОВЫХ И ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР*

М. А. ПОДГАЕЦКИЙ, С. Н. ЕВДОКИМЕНКО

ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», ул. Загорьевская, 4, г. Москва, 115598, Россия,
e-mail: vstisp@vstisp.org

АННОТАЦИЯ

Проведена оценка образцов сливы и малины биохимическими методами с целью выявления связей между содержанием биологически активных веществ и уровнем адаптации. Работа выполнялась в 2022–2024 гг. в лаборатории аналитической биохимии и физиологии сельскохозяйственных растений ФГБНУ ФНЦ Садоводства. Объектами исследования были вегетативные и генеративные органы сливы домашней (*Prunus domestica* L.), терна (*Prunus spinosa* L.) и малины красной (*Rubus idaeus* L.). Установлено, что повышенное содержание фотосинтетических пигментов и кальция в коре черенков сливы могут являться маркерными признаками высокой зимостойкости генотипа. Наличие веществ, обладающих антимикробным действием, повышенное накопление магния, серы, кальция и цинка в составе кутикулярного воска плодов могут быть биохимическими маркерами устойчивости к *Monilia fructigena* с вероятностью до 39 %. Выявлена сильная отрицательная корреляция (r = –0,94) между степенью зимних повреждений и накоплением фенольных соединений в побегах малины и средняя положительная связь с содержанием альдегида 2-Гептаналя (r = 0,55). Результаты свидетельствуют о возможности отбора генотипов на ранних стадиях онтогенеза.

Ключевые слова: слива, малина, зимостойкость, фотосинтетические пигменты, фенольные соединения, ароматические соединения, макроэлементы, микроэлементы.

ВВЕДЕНИЕ

В селекции плодовых и ягодных культур приоритетными по-прежнему являются традиционные методы исследований [1]. Однако большим недостатком таких методов является длительность процесса, связанного прежде всего с продолжительным ювенильным периодом садовых культур [2, 3], поэтому важное значение в селекционном процессе имеет его ускорение. Разработка, совершенствование и внедрение методов предварительного скрининга большого количества селекционного материала позволит на ранних стадиях онтогенеза выделять перспективные источники хозяйственно ценных признаков [4, 5].

Многие исследователи на разных культурах изучали вопрос сокращения периода получения генотипов с высоким проявлением хозяйственно ценных признаков [6]. Так, выращивание растений в условиях защищенного грунта или с использованием фитотронов, где возможно регулирование температурного и светового режимов, позволяет ускорить прохождение фенологических фаз и тем самым сократить длительность жизненного цикла растений [7].

* Работа выполнена в рамках реализации государственного задания ФГБНУ ФНЦ Садоводства FGUW-2022-0008 «Изучение генетических ресурсов растений инновационными методами аналитической биохимии и физиологии для ускорения селекционного процесса при создании адаптивных форм, гибридов и сортов садовых культур».

Метод маркерной селекции позволяет уже в селекционной школке вести отбор ценных генотипов – носителей желаемого признака, что значительно сокращает селекционный процесс [8, 9].

В последнее время особое внимание уделяется метаболомному составу, который имеет большое экологическое и физиологическое значение в развитии растений. Фенольные соединения вносят значительный вклад в устойчивость к вредителям, патогенам и экологическому стрессу [10], поэтому могут быть использованы как биохимические маркеры в поиске генотипов с заданными параметрами на ранних стадиях жизненного цикла.

В связи с этим *целью исследований* являлось выявление зависимостей между содержанием биологически активных веществ и уровнем хозяйственно ценных признаков у садовых культур.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа выполнялась в 2022–2024 гг. в лаборатории аналитической биохимии и физиологии сельскохозяйственных растений ФГБНУ ФНЦ Садоводства. Для поиска зависимости зимостойкости от накопления биохимических веществ в изучение были включены черенки сливы домашней (*Prunus domestica* L.) различных по зимостойкости генотипов. Так, согласно многолетним полевым наблюдениям, сорт Теньковская Голубка отличается высокой устойчивостью к зимним повреждающим факторам, а сорта Яхонтовая, Величавая и Опал – низкой.

Биохимические исследования черенков сортообразцов сливы проводили непосредственно перед промораживанием (контроль) (декабрь 2022 г.) и после промораживания в контролируемых условиях по каждому компоненту зимостойкости (декабрь 2022 г.; январь – апрель 2023 г.). Моделирование зимних температурных факторов проводилось в климатической камере тепла и холода EW1070 по методическим указаниям [11].

Апробация биохимического метода оценки генотипов сливы по устойчивости к монилиозу (*Monilia fructigena*) проводилась на генотипах с известной степенью полевой устойчивости: Гигант Каширы, Желтая Поздняя (восприимчивые), Ода, Stanley, а также терн (*Prunus spinosa* L.) (устойчивые).

Для выявления зависимости зимостойкости малины красной (*Rubus idaeus* L.) от содержания биохимических веществ в изучение были включены генотипы с разной степенью устойчивости к зимним повреждающим факторам: Гусар, Метеор, Пересвет, Иван Купала, Бальзам, Улыбка, Скромница, № 6-12-3, 2-90-3, 8-6-3 (зимостойкие) и Лавина, Glen Ample, Glen Magna, Tadmor, Chemainus (слабозимостойкие). Биохимический анализ выполнялся в побегах и листьях в фенофазы активного роста (май) и конца роста побегов (октябрь).

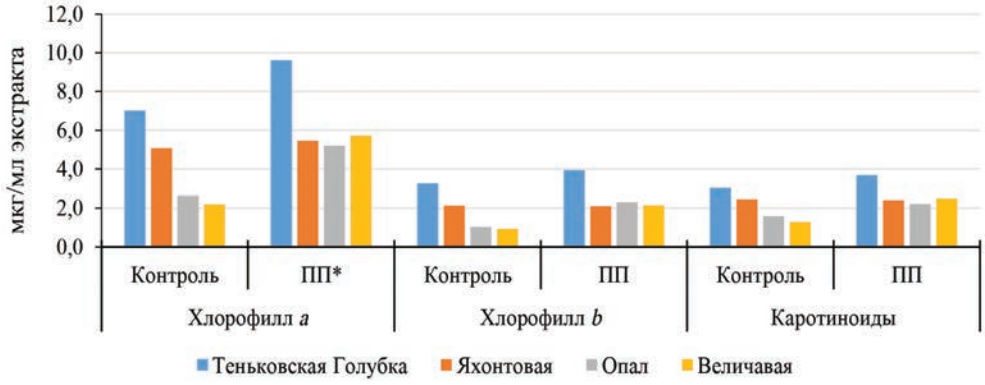
Исследования по содержанию химических веществ проводили в трехкратной повторности. Определение фотосинтетических пигментов (хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов) проводили на спектрофотометре Helios Gamma методом масс-спектрометрического анализа согласно учебному пособию «Масс-спектрометрия в органической химии» [12]; сумму фенольных соединений – с реактивом Фолина – Чокальтеу с учетом «Практикума по физиологии растений» [13]. Зольный состав (Mg, Si, S, Ca, Cu, Zn, Mo) определяли методом энергодисперсионной спектрометрии [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

1. Определение фотосинтетических пигментов и зольного состава в коре однолетних черенков сливы домашней (*Prunus domestica* L.) у генотипов различной степени зимостойкости. Известно, что фотосинтетические пигменты играют протекторную роль в защите от стрессовых ситуаций [15]. В условиях низкотемпературного стресса они могут выполнять антиоксидантные функции [16].

Установлено, что в исследуемых образцах у всех генотипов из фотосинтетических пигментов преобладал хлорофилл *a* как в контрольном варианте, так и после проведения промораживания (рис. 1). Содержание хлорофилла *b* и каротиноидов было значительно меньше, но на относительно равном уровне.

Среди сортов сливы наибольшим накоплением пигментов отмечен зимостойкий сорт Теньковская Голубка. Содержание хлорофиллов *a* и *b* у него было в 1,8 раза выше, чем у менее зимостойких сортов, а каротиноидов – в 1,5 раза.



* После проведения промораживания.

Рис. 1. Содержание фотосинтетических пигментов в коре черенков сливы до и после промораживания в контролируемых условиях

После проведения промораживания у всех сортов отмечается увеличение всех фотосинтетических пигментов в среднем в 1,6 раза, при этом лидером по содержанию остается зимостойкий сорт Теньковская Голубка. Содержание хлорофилла *a* у него увеличилось до 9,611 мкг/мл, хлорофилла *b* – до 3,937 мкг/мл, а каротиноидов – 3,678 мкг/мл.

Таким образом, повышенное содержание фотосинтетических пигментов в коре черенков сливы как в конце вегетации, так и при выходе из покоя может свидетельствовать о ее высокой зимостойкости.

При анализе содержания макроэлементов в коре исследуемых сортов отмечено, что все сорта накапливали значительное количество калия (10,11–11,41 мас.%) и кальция (8,84–12,84 мас.%). Однако в процессе промораживания содержание этих элементов снижалось (рис. 2).

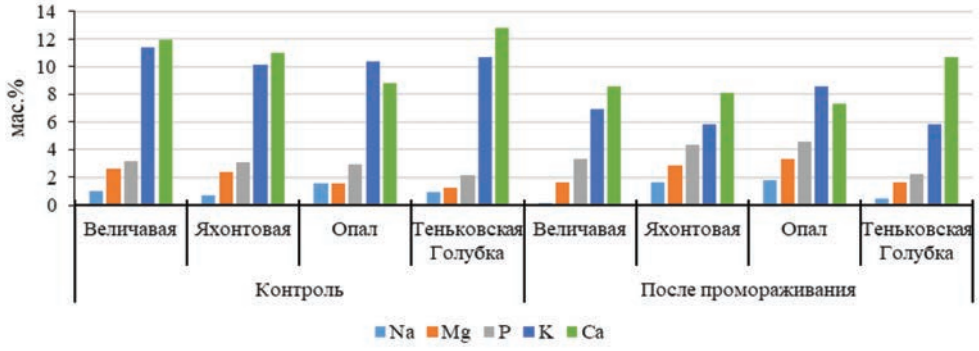


Рис. 2. Содержание макроэлементов в коре черенков сливы до и после промораживания в контролируемых условиях

Калий регулирует вязкость цитоплазмы клеток, что повышает устойчивость растений к низким температурам [17]. У всех изучаемых генотипов перед проведением промораживания содержалось более 10 мас.% этого элемента. После промораживания отмечено его снижение в среднем по сортам в 1,61 раза. Наименьшая разница отмечена у слабозимостойкого сорта Опал (на 1,84 мас.%), а наибольшая – у зимостойкого сорта Теньковская Голубка (на 4,84 мас.%), что может свидетельствовать о реакции генотипа на стресс.

Катионы кальция являются наиболее важными элементами в системе внутриклеточной сигнализации растений [18]. Среди всех генотипов в контрольном варианте минимальное содержание Ca отмечено у сорта Опал (8,84 мас.%), но потери после промораживания оказались

незначительными (1,53 мас.%). Существенная разница была у сорта Величавая (на 3,4 мас.%). У зимостойкого сорта Теньковская Голубка после проведения промораживания содержание этого элемента осталось на достаточно высоком уровне (10,73 мас.%).

Таким образом, повышенное содержание кальция в однолетних побегах сливы свидетельствует о высокой зимостойкости. Кроме того, расход калия в процессе воздействия на растения отрицательных температур может сигнализировать о защитной реакции организма.

2. Изучение биохимического состава кутикулы плодов *Prunus* L. у сортообразцов разной степени восприимчивости к *Monilia fructigena*. Целью исследования было изучение особенностей кутикулы плодов сортов и видов сливы для выявления биохимических маркеров устойчивости к монилиозу (*Monilia fructigena*).

Установлено, что морфологически характер кутикулярного воска плодов сильно различается. На поверхности восприимчивых к монилиозу сортов были обнаружены колонии микроорганизмов, развитие которых сопровождается постепенным растворением воска. Были проведены биохимические исследования, выявившие различия в составе экстракта кутикулярного воска у изучаемых сортов.

Всего было идентифицировано 27 метаболитов, преимущественно углеводородов. Анализ их содержания позволил выявить значительные сортовые различия. Так, среднее накопление октадекановой кислоты в кутикуле восприимчивых сортов (Гигант Каширы и Желтая Поздняя) было в 50–60 раз меньше, чем в кутикуле устойчивых. Кроме того, в состав кутикулярного воска устойчивых к монилиозу сортов преимущественно входят 2-гидроксибутандиовая (яблочная), декановая (каприновая), эйкозановая, октадекановая кислоты, октадекан, додекан, гексадекан, D-маннитол, тетракозанол, сорбитол и метил-α-D-глюкопиранозид.

Известно, что химические элементы являются кофакторами ферментов и могут индуцировать синтез биологически активных веществ, в том числе и тех, которые обладают антибактериальным действием [19]. Наибольшее накопление всех элементов было в пределах 5,540–8,784 мас.% (табл. 1). Сюда вошли устойчивые сорта Ода, Stanley и терн, а также восприимчивый сорт Гигант Каширы.

Таблица 1. **Зольный состав кожицы плодов сортов сливы и терна, мас.%**

Элементы	Желтая Поздняя	Терн	Гигант Каширы	Ода	Stanley
Mg	0,951	1,513	1,824	2,604	1,820
Si	0,293	0,142	0,134	0,174	0,226
S	0,134	0,182	0,176	0,226	0,313
Ca	1,872	2,598	1,726	3,856	1,442
Cu	0,172	0,244	0,174	0,174	0,308
Zn	0,136	0,106	0,024	0,498	0,226
Mo	1,196	1,078	1,482	1,252	3,082
Сумма	4,754	5,863	5,540	8,784	7,417

Корреляционный анализ зависимости восприимчивости к монилиозу от накопления макро- и микроэлементов выявил среднюю отрицательную сопряженность от содержания магния ($r = –0,539$), серы ($r = –0,496$), кальция ($r = –0,623$) и цинка ($r = –0,584$).

Группировка генотипов сливы по восприимчивости плодов к монилиозу в зависимости от содержания магния позволила разделить генотипы на 2 группы при достоверности аппроксимации 29,1 % (рис. 3). Первую группу составили восприимчивые к патогену сорта Желтая Поздняя и Гигант Каширы. Несмотря на то, что они находятся на равноудаленном расстоянии от центра кластера (красный маркер на рисунке), сорт Гигант Каширы отличается высоким накоплением магния (1,824 мас.%). Во вторую группу вошли устойчивые генотипы: сорт Stanley и терн. Сорт Ода, отличающийся высокой устойчивостью к патогену, не вошел ни в одну из групп, но содержал более 2,5 мас.% Mg.

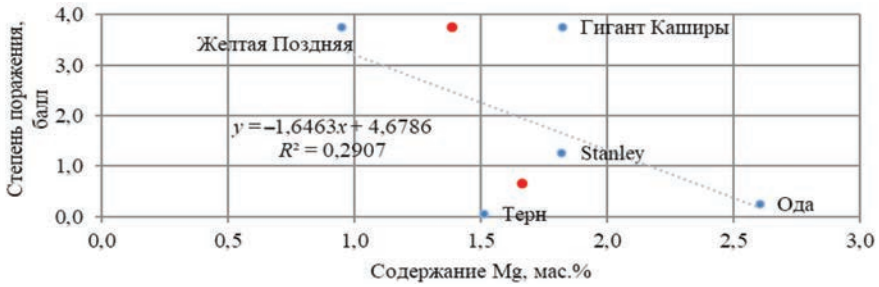


Рис. 3. Группировка генотипов сливы по восприимчивости плодов к монилиозу в зависимости от содержания магния

Анализ зависимости восприимчивости плодов сливы к монилиозу от содержания серы также разделил генотипы на 2 группы (рис. 4). В этом случае в группу устойчивых сортов вошли терн и сорт сливы Ода. Устойчивый сорт Stanley с наибольшим накоплением серы оказался на значительном расстоянии от центра кластера. Вторую группу составили восприимчивые сорта, при этом достоверность аппроксимации составила 24,6 %.

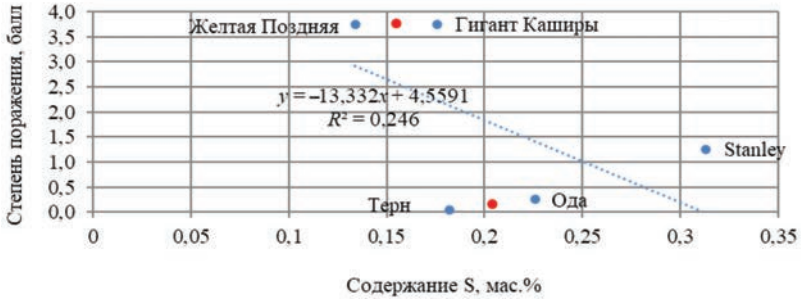


Рис. 4. Группировка генотипов сливы по восприимчивости плодов к монилиозу в зависимости от содержания серы

Наибольшая зависимость восприимчивости плодов сливы к монилиозу была с кальцием (r = –0,623), однако кластерный анализ позволил выделить только одну группу, в которую вошли восприимчивые сорта (рис. 5). Устойчивые генотипы не имели общей координаты, но находились при этом на большом расстоянии от группы неустойчивых. При этом прослеживалась явная граница между генотипами по накоплению кальция. Исключение составил сорт Stanley, у которого было самое низкое содержание элемента, поэтому отбор устойчивых генотипов возможно проводить с вероятностью 38,8 %.

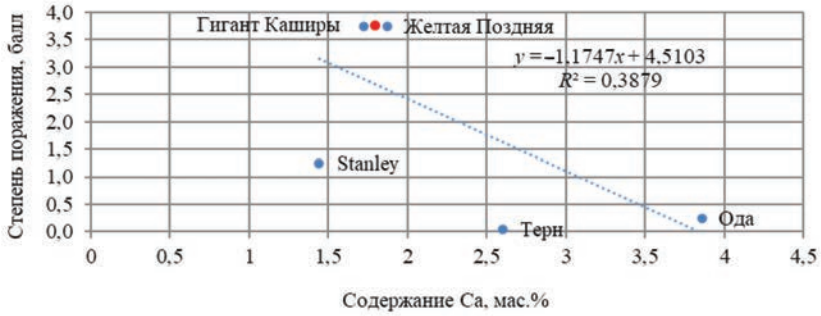


Рис. 5. Группировка генотипов сливы по восприимчивости плодов к монилиозу в зависимости от содержания кальция

Аналогичная ситуация прослеживается при анализе зависимости восприимчивости генотипов сливы к монилиозу от содержания цинка (рис. 6). Устойчивые генотипы не образовали от-

дельной группы, но находились на довольно большом расстоянии от группы восприимчивых сортов. Результаты показывают, что вести отбор устойчивых к монилиозу форм по накоплению цинка в кутикуле плодов возможно с долей вероятности 34 %.

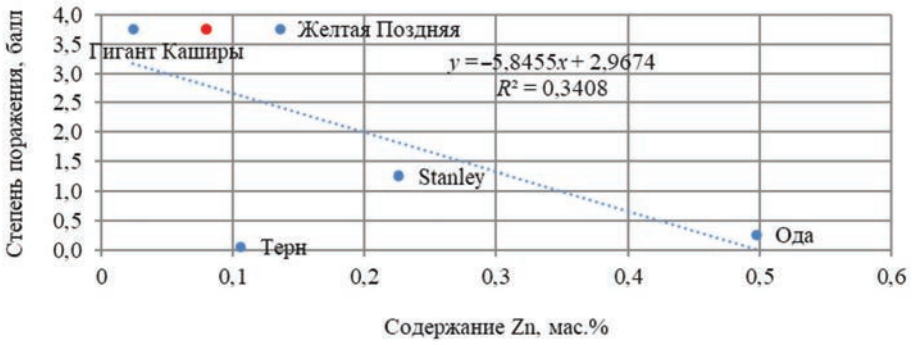


Рис. 6. Группировка генотипов сливы по восприимчивости плодов к монилиозу в зависимости от содержания цинка

Таким образом, наличие веществ, обладающих антимикробным действием, а также повышенное накопление магния, серы, кальция и цинка в составе кутикулярного воска плодов позволяет предположить, с долей вероятности до 39 %, что эти вещества могут быть биохимическими маркерами устойчивости к патогену.

3. Определение фенольных соединений в побегах и ароматических веществ в листьях малины (*Rubus idaeus* L.) у генотипов с разной степенью зимостойкости. В побегах зимостойких сортов на раннем этапе развития содержится в 1,8 раза меньше фенольных соединений, чем у менее зимостойких (табл. 2). Однако к концу вегетации (октябрь) наблюдается резкое увеличение изучаемого показателя у группы зимостойких сортов до 9,610 мг/г. У слабозимостойких генотипов также отмечен рост показателя, но не такой интенсивный. Средний показатель по генотипам составил 7,855 мг/г.

Таблица 2. **Сумма фенольных соединений в побегах малины в динамике, мг-экв. галл. кисл./г сырой навески**

Сорт	Май	Октябрь
Зимостойкие		
Гусар	1,673	9,195
Метеор	1,935	9,803
Пересвет	1,778	9,833
Среднее по сортам	1,795	9,610
min	1,673	9,195
max	1,935	9,833
Незимостойкие		
Glen Ample	3,463	8,633
Glen Magna	2,745	6,878
Tadmor	3,270	7,388
Chemeinus	3,675	8,520
Среднее по сортам	3,288	7,855
min	2,745	6,878
max	3,675	8,633

Корреляционный анализ зависимости степени зимних повреждений от накопления фенольных соединений в побегах малины показал сильную обратную зависимость (r = –0,94). Кластерный анализ позволил разделить генотипы на 3 группы (красный маркер на рис. 7). Первую группу составили зимостойкие сорта: Гусар, Метеор, Пересвет. Незимостойкие генотипы разделились на 2 группы. Chemeinus и Glen Ample составили первую группу, а Glen Magna и Tadmor – вторую. При этом достоверность аппроксимации составила 88,4 %.

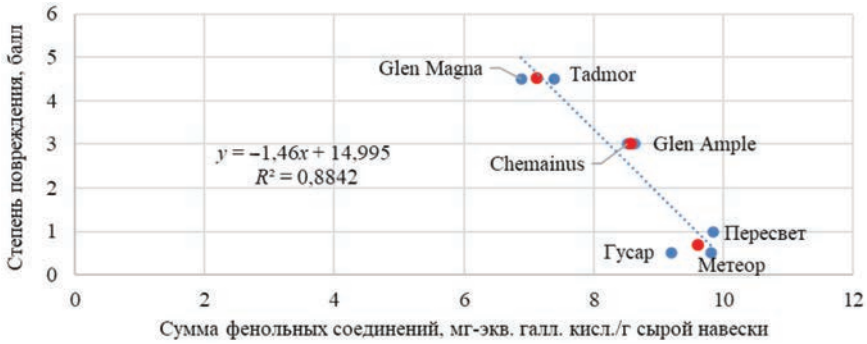


Рис. 7. Группировка генотипов малины по степени зимних повреждений в зависимости от содержания фенольных соединений в побегах

Таким образом, повышенное содержание фенольных соединений в побегах малины к концу вегетации может свидетельствовать о высокой зимостойкости генотипа.

В растениях малины было идентифицировано 35 душистых соединений классов монотерпены, альдегиды, спирты, алканы, кетоны и эфиры (рис. 8).

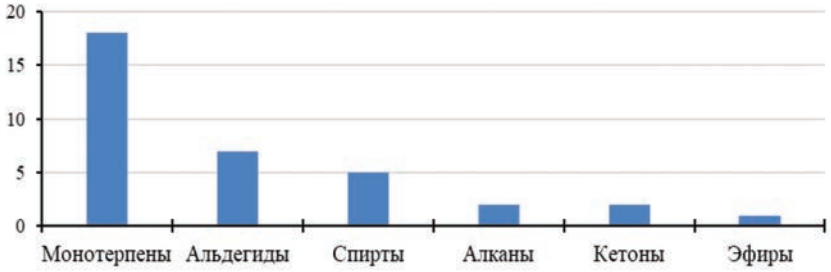


Рис. 8. Количество идентифицированных душистых соединений в листьях малины, шт.

Был проведен корреляционный анализ между содержанием летучих соединений и уровнем зимостойкости малины. Обнаруженные вещества были разбиты на классы, каждый из которых анализировался отдельно. В результате не установлено явных зависимостей.

Анализ с каждым веществом по отдельности позволил установить средние положительные связи степени зимних повреждений от содержания 2-Гептаналя (r = 0,55), β-пинена (r = 0,49) и метилсалицилата (r = 0,43). Среди остальных веществ существенных связей не обнаружено.

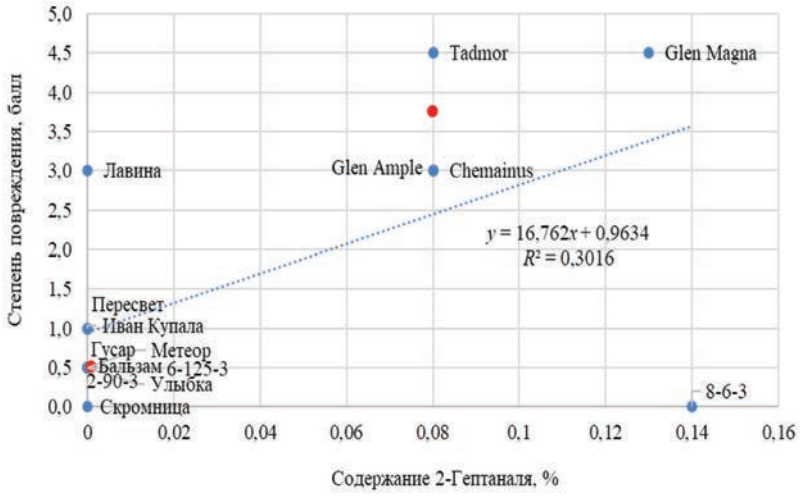


Рис. 9. Группировка генотипов малины по степени зимних повреждений в зависимости от содержания в листьях 2-Гептаналя

Альдегиды в растениях отвечают за свежие «травянистые» запахи [20] и косвенно могут оказывать защитные реакции. Наличие альдегидов в вегетативных органах растений в конце вегетации препятствует затуханию физиологических процессов и прохождению закалки при подготовке к фазе биологического покоя. Анализ зависимости зимостойкости от содержания 2-Гептаналя позволил выделить 2 кластера (красный маркер на рис. 9). В первый кластер вошли зимостойкие генотипы, во второй – слабозимостойкие. Однако во второй группе сорта Лавина и Glen Magna оказались на значительном удалении от центра кластера. В первую группу не вошел отбор № 8-6-3, отличающийся высокой зимостойкостью. Необходимо отметить, что разделение на группы происходит с вероятностью 30,2 %.

Анализ зависимости зимостойкости от содержания β-пинена и метилсалицилата не позволил разделить генотипы по зимостойкости с высокой долей вероятности.

Таким образом, среди изученных соединений имеется возможность выделить зимостойкие сеянцы на ранних стадиях онтогенеза при определении альдегида 2-Гептаналя с вероятностью около 30 %.

ВЫВОДЫ

Повышенное содержание фотосинтетических пигментов и кальция в коре черенков сливы может являться маркерным признаком высокой зимостойкости генотипа. Кроме того, расход калия в процессе перезимовки сигнализирует о защитной реакции организма.

Наличие веществ, обладающих антимикробным действием (2-гидроксибутандиовая (яблочная), декановая (каприновая), эйкозановая, октадекановая кислоты, октадекан, додекан, гексадекан, D-маннитол, тетракозанол, сорбитол и метил-α-D-глюкопиранозид), повышенное накопление магния, серы, кальция и цинка в составе кутикулярного воска плодов позволяет предположить, с долей вероятности до 39 %, что эти вещества могут быть биохимическими маркерами устойчивости к *Monilia fructigena*.

Повышенное содержание фенольных соединений в побегах наряду со снижением альдегида 2-Гептаналя в листьях к концу вегетации малины являются маркерами высокой зимостойкости.

Результаты свидетельствуют о возможности отбора генотипов на ранних стадиях онтогенеза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Strategies for accelerating genetic gains in crop plants: special focus on speed breeding / S. Gudi, P. Kumar, S. Singh [et al.] // Physiology and Molecular Biology of Plants. – 2022. – № 28. – P. 1921–1938. – DOI: 10.1007/s12298-022-01247-8.

2. Алибеков, Т. Б. Этапы селекционного процесса плодовых культур / Т. Б. Алибеков // Проблемы развития АПК региона. – 2019. – № 2 (38). – С. 7–9.

3. Длительность селекционного процесса у яблони и пути его сокращения / Е. Н. Седов, С. А. Корнеева, Т. В. Янчук, З. М. Серова // Садоводство и виноградарство. – 2019. – № 4. – С. 5–9. – DOI: 10.31676/0235-2591-2019-4-5-9.

4. Conventional and molecular techniques from simple breeding to speed breeding in crop plants: recent advances and future outlook / S. Ahmar, R. A. Gill, K.-H. Jung [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2020. – № 21 (7). – P. 2590. – DOI: 10.3390/ijms21072590.

5. Impact of climate change and adaptation strategies for fruit crops / T. Sarkar, A. Roy, S. M. Choudhary, S. K. Sarkar // India: Climate Change Impacts, Mitigation and Adaptation in Developing Countries / ed.: Md. Nazrul Islam, A. van Amstel. – Cham, 2021. – P. 79–98. – DOI: 10.1007/978-3-030-67865-4_4.

6. Rane, P. Accelerated breeding cycles in perennial fruit crops: conventional methods and biotechnological advances / P. Rane, J. Prakash, A. Singh // The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. – 2025. – P. 1–18. – DOI: 10.1080/14620316.2025.2462664.

7. Begna, T. Speed breeding to accelerate crop improvement / T. Begna // International Journal of Agricultural Science and Food Technology. – 2022. – № 8 (2). – P. 178–186. – DOI: 10.17352/2455-815X.000161.

8. Селекция черной смородины: методы, достижения, направления : моногр. / С. Д. Князев, Н. С. Левгерова, М. А. Макаркина [и др.]. – Орел : ВНИИСПК, 2016. – 328 с.

9. Khan, A. Breeding and genetics of disease resistance in temperate fruit trees: challenges and new opportunities / A. Khan, S. S. Korban // Theoretical and Applied Genetics. – 2022. – № 135. – P. 3961–3985. – DOI: 10.1007/s00122-022-04093-0.

10. Treutter, D. Managing phenol contents in crop plants by phytochemical farming and breeding – visions and constraints / D. Treutter // International Journal of Molecular Sciences. – 2010. – № 11 (3). – P. 807–857. – DOI: 10.3390/ijms11030807.

11. Определение устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях / М. М. Тюрина, Г. А. Гоголева, Н. В. Ефимова [и др.] // Методические указания. – М., 2002. – 120 с.

12. Лебедев, А. Т. Масс-спектрометрия в органической химии / А. Т. Лебедев. – М. : ТЕХНОСФЕРА, 2015. – 204 с.

13. Третьяков, Н. Н. Практикум по физиологии растений / Н. Н. Третьяков, Л. А. Паничкин, М. Н. Кондратьев. – М. : Колос, 2003. – 288 с.

14. Мотылева, С. М. Методические рекомендации по выполнению анализа зольных элементов и минеральных включений в органах растений методом энергодисперсионной спектрометрии на аналитическим РЭМ-М / С. М. Мотылева ; ФГБНУ ВСТИСП. – Саратов : Амирит, 2018. – 40 с.

15. Антиоксидантный статус растений как инструмент исследования их устойчивости к антропогенному воздействию / Н. В. Гончарова, Ю. В. Жильцова, В. Ф. Ковалёв, С. С. Позняк // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2018. – С. 21–33.

16. Sinha, S. The omics of cold stress responses in plants / S. Sinha // Elucidation of abiotic stress signaling in plants / ed. G. K. Pandey. – New York, 2015. – P. 143–194.

17. Есмаганбетов, Е. С. Роль калия в земледелии / Е. С. Есмаганбетов, И. Ж. Мукан, Ю. Е. Ткаченко // Человеческий капитал как фактор инновационного развития общества : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Уфа, 2022. – С. 50–52.

18. Механизм функционирования кальциевой сигнальной системы у растений при действии теплового стресса. Роль митохондрий в этом процессе / Е. Г. Рихванов, И. В. Федосеева, Д. В. Пятрикас [и др.] // Физиология растений. – 2014. – Т. 61, № 2. – С. 155–155.

19. Химические элементы плодов голубики (*Vaccinium uliginosum* L.) семейства вересковые (Ericaceae Juss.) / А. И. Попов, С. Н. Кравченко, Ю. Н. Дементьев, А. Г. Кожура // СибСкрипт. – 2014. – Т. 1, № 2 (58). – С. 22–29.

20. Authentication of ‘Adelita’ raspberry cultivar based on physical properties / A. Valdés García, S. E. Maestre Pérez, M. Butsko [et al.] // Antioxidant Activity and Volatile Profile. Antioxidants. – 2020. – № 9 (7). – P. 593. – DOI: 10.3390/antiox9070593.

APPLICATION OF MODERN METHODS FOR THE EVALUATION OF FRUIT AND BERRY BREEDING MATERIAL

M. A. PODGAYETSKY, S. N. EVDOKIMENKO

Abstract

Biochemical methods were used to evaluate plum and raspberry samples in order to identify correlations between the content of biologically active compounds and the level of adaptability. The study was conducted in 2022–2024 at the Laboratory of Analytical Biochemistry and Physiology of Agricultural Plants of the Federal Research Center for Horticulture. The objects of research included vegetative and generative organs of European plum (*Prunus domestica* L.), blackthorn (*Prunus spinosa* L.), and red raspberry (*Rubus idaeus* L.). It was found that increased levels of photosynthetic pigments and calcium in plum cutting bark may serve as marker traits for high winter hardiness of a genotype. The presence of antimicrobial compounds and elevated accumulation of magnesium, sulfur, calcium, and zinc in the cuticular wax of fruits may serve as biochemical markers of resistance to *Monilia fructigena* with a probability of up to 39 %. A strong negative correlation ($r = –0.94$) was identified between the degree of winter damage and the accumulation of phenolic compounds in raspberry shoots, and a moderate positive correlation with the content of the aldehyde 2-heptanal ($r = 0.55$). The results support the feasibility of selecting genotypes for adaptability at early stages of ontogenesis.

Keywords: plum, raspberry, winter hardiness, photosynthetic pigments, phenolic compounds, aromatic compounds, macroelements, microelements.

Поступила в редакцию 10.04.2025

УДК 634.11:631.541.11:581.143.6

ВЛИЯНИЕ ДЕПОНИРОВАНИЯ НА ПРОЛИФЕРАЦИЮ МИКРОПОБЕГОВ ПОДВОЕВ ЯБЛОНИ*

Х. И. БОБОДЖАНОВА[1], К. АШУРЗОДА[2]

[1]Центр биотехнологии Таджикского национального университета,
пр. Рудаки, 17, г. Душанбе, 734025, Таджикистан,
e-mail: bobojankh_7@bk.ru
[2]Образовательный центр «Интеллект»,
ул. Дж. Расулова, 71/1, г. Душанбе, 734049, Таджикистан,
e-mail: AshurzodaQurbonali5@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты исследований, проведенных на базе лабораторий Центра биотехнологии Таджикского национального университета, в рамках темы «Биотехнология производства оздоровленного посадочного материала и создание базовых коллекций оздоровленных растений плодовых и ягодных культур» (№ ГР 0119TJ00971) в 2019–2023 гг.

Показано влияние хранения подвоев яблони в культуре *in vitro* при низких положительных температурах в течение 75 дней и 12 месяцев. Средние значения коэффициента микроразмножения двух пассажей до депонирования микропобегов подвоев М9, ММ106 и Р22 составили 3,4, 3,8 и 4,1 соответственно, после депонирования в течение 75 дней – 3,4, 2,0 и 3,9 соответственно.

Ключевые слова: подвои яблони, микроразмножение, микропобеги, депонирование, коэффициент размножения.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка технологии депонирования яблони и груши *in vitro* является одним из перспективных направлений биотехнологии. Она позволяет создать банк ценных генотипов и при необходимости включать их в систему производства сертифицированного посадочного материала. В работах О. В. Матушкиной и И. Н. Прониной [1] установлено оптимальное соотношение минерального, гормонального состава питательной среды и углеводов, а также условий беспересадочного культивирования, которые позволяют проводить депонирование в течение 12–46 месяцев на этапе микроразмножения, 2–7 месяцев – на этапе ризогенеза. Авторы указывают, что лучшей средой для беспересадочного культивирования является ¼ QL, на которой сохраняется 50–100 % эксплантов. Увеличение содержания сахарозы до 40 г/л также продлевает сохранность эксплантов до 24 месяцев. Наибольшая длительность хранения микрорастений на этапе ризогенеза в исследованиях авторов наблюдается у подвоя яблони 54-118 – 7 месяцев при 100 % сохранности микрорастений [1–3].

Возможность хранения пробирочных растений подвоев яблони до 16 месяцев в условиях бытового холодильника отмечается в работе С. Э. Семенас, А. А. Змушко, Н. В. Кухарчик [4]. Авторы используют хранение (без освещения, при температурном режиме +5…+8 °С) как на среде для размножения, так и на среде для укоренения и отмечают, что после окончания хранения регенеранты имеют, как правило, этиолированные побеги длиной от 1 до 10 см и после кратковременного (5–10 дней) культивирования в условиях стандартного режима приобретают нормальную окраску. Авторы отмечают, что при необходимости длительного поддержания культуры *in vitro* депонирование решает основные задачи – сведение к минимуму число пассажей, снижение темпов роста и старения культуры. Хранящийся материал всегда готов для дальнейшего использования, что позволяет сохранять коллекции в течение длительного времени, значительно сокращает затраты на ежегодное тестирование и оздоровление [4].

На большой выборке клоновых подвоев, находящихся в коллекции *in vitro* (54-118, 57-490, 57-491, 57-545, 62-396, 69-6-217, ММ106, М 26, Марк 9), изучена возможность применения жасмоно-

* Авторы выражают благодарность Ш. К. Ясауловой за проведение экспериментальных исследований.

вой кислоты при длительном хранении и различных температурных режимах. Культивирование клоновых подвоев яблони при температуре +20…+22 °С и использование питательных сред с добавлением жасмоновой кислоты в концентрации 0,25–1,00 мг/л позволило авторам поддерживать жизнеспособность микрорастений на уровне 4,8–23,8 % через 48 месяцев беспересадочного выращивания, снижение температур (+3…+6 °С) позволяет сохранять 5,3–52,4 % регенерантов. Максимальная сохранность отмечена в процессе культивирования при температуре +3…+6 °С в варианте с добавлением жасмоновой кислоты в концентрации 1,0 мг/л – на уровне 21,1–52,4 % (в зависимости от формы клонового подвоя яблони) [5]. Автор отмечает существенное увеличение длины микропобегов (в 1,4–1,6 раза) и среднего числа листьев на один микропобег (в 1,2–1,6 раза) у форм клоновых подвоев яблони на питательной среде с жасмоновой кислотой в концентрации 1,0 мг/л. В последующем экспланты не отставали в вегетативном развитии *in vitro* по сравнению с эксплантами, не проходившими депонирование. Добавление в питательную среду жасмоновой кислоты можно рекомендовать в качестве приема, повышающего сохранность эксплантов при длительном хранении коллекций клоновых подвоев яблони в культуре *in vitro* [6].

Цель исследований – определить влияние депонирования на регенерационную способность микропобегов подвоев яблони М9, ММ106 и Р22.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в Центре биотехнологии Таджикского национального университета в 2019–2023 гг.

Объектами исследования были выбраны подвои яблони М9, ММ106 и Р22 из коллекционного участка филиала Института садоводства и овощеводства им. И. В. Мичурина Таджикской академии сельскохозяйственных наук. Выбор объекта объясняется востребованностью указанных подвоев в хозяйствах страны благодаря хозяйственно полезным признакам.

М9 – карликовый подвой, отобран в Англии на Ист-Моллингской опытной станции садоводства (Кент). Маточный куст среднерослый, раскидистой формы. Побеги темно-красно-коричневого цвета. Выход стандартных отводков – 20–60 тыс. шт/га. Укоренение отводков удовлетворительное. Корневая система развита слабо, корневые отводки плохо приживаются, слабо закрепляются в почве. Для деревьев требуется шпалера с однорядной опорной проволокой. Плодоносят на 4–5-й год, урожайность – 100–250 ц/га и более в зависимости от сорта и типа сада [7].

ММ106 – среднерослый подвой, получен в Англии на Ист-Моллингской опытной станции садоводства совместно с НИИ плодоводства им. Джона Иннеса в Мертоне. Маточный куст высокий, кустовидно-пирамидальной формы. Побеги темно-красно-каштановые, характеризуются довольно хорошим укоренением в маточнике, хорошо приживаются. Вступают в плодоношение на 5–7-й год. Средняя урожайность в зависимости от сорта – 100–110 ц/га [7].

Р22 – один из самых слаборослых вегетативно размножаемых подвоев, выведенных в Институте садоводства и цветоводства в Скерневице (Польша). Получен от скрещивания подвоя М9 и Антоновки обыкновенной. Характеризуется высокой степенью влияния на привитые сорта по усилению скороплодности. Проходит испытание во ВНИИС (г. Мичуринск) как перспективный подвой [8].

Для введения в культуру *in vitro* использовали почки одревесневших черенков в период выхода из покоя. Для соблюдения стерильности все процедуры проводили в условиях ламинар-бокса «Ламинар-С»-1,2 (Россия). Выделение меристем проводили при увеличении 8 × 23 (бинокулярный микроскоп МБС-10 (Россия)) и с использованием специального набора инструментов (игла, скальпель, пинцет). Срезанные скальпелем почки помещали в емкости с крышкой и проводили поэтапную стерилизацию с использованием 70%-ного этилового спирта и 30%-ной перекиси водорода [9].

Выделенные экспланты переносили на стандартную агаризованную питательную среду Мурасиге – Скуга [10], дополненную витаминами и биологически активными веществами [11]. Для микроразмножения использовали питательную среду с витаминами и цитокинином 6-БА –

1,0 мг/л [11]. Культивирование изолированных тканей растений *in vitro* осуществляли в биологических пробирках 22 × 220 мм в светокультуральной комнате при температуре +22...+24 °С, влажности воздуха 70–80 %, фотопериоде 16/8 ч, освещенности 2,5–3,0 тыс. лк. Длительность субкультивирования составляла 4–5 недель. Депонирование (температурный режим составил +3…+5 °С, без освещения, без пассажирования) проводили в течение 75 дней (1-й вариант) и в течение 12 месяцев (2-й вариант). Питательная среда для депонирования содержала 1/2 макросолей, остальные компоненты – по прописи Мурасиге – Скуга [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведено изучение влияния депонирования при температуре +3…+5 °С и полном отсутствии освещения на регенерационную способность микропобегов подвоев яблони М9, ММ106 и Р22.

Эффективность инициации культуры *in vitro* эксплантов подвоев яблони М9, ММ106 и Р22 для дальнейшего проведения опытов составила 97,0, 72,4 и 61,3 % соответственно. Конгломераты микропобегов подвоев яблони М9, ММ106 и Р22 перед депонированием размножали в течение двух пассажей для получения необходимого для депонирования количества эксплантов и для сравнительного изучения коэффициентов размножения подвоев до и после депонирования.

Среднее значение коэффициента микроразмножения до депонирования по двум пассажам равно 3,4 для подвоя М9, 3,8 – для ММ106 и 4,1 – для Р22 (табл. 1).

Таблица 1. **Средние значения коэффициента размножения подвоев на двух пассажах (до депонирования)**

Форма подвоя	Коэффициент размножения		Среднее по пассажам
	Первый пассаж	Второй пассаж	
М9	2,4	4,4	3,4
ММ106	2,1	5,5	3,8
Р22	1,6	6,5	4,1

Далее микропобеги трех типов подвоев депонировали в течение 75 дней при температуре от +3...+5 °С и полном отсутствии освещения без пересадок на той же питательной среде с концентрацией 6-БАП 1,0 мг/л.

Выявлено, что при депонировании микропобегов наблюдаются единичные случаи инфицирования и некроза микропобегов подвоев М9, ММ106 и Р22. По истечении периода депонирования сроком 75 дней жизнеспособность растений-регенерантов составила 98,2, 100,0 и 98,8 % для подвоев М9, ММ106 и Р22 соответственно (табл. 2).

Таблица 2. **Результативность депонирования подвоев яблони**

Тип подвоя	Количество пробирок								
	помещено на депонирование	после депонирования в течение 75 дней							
		непосредственно после депонирования				после культивирования при нормальной вегетации			
						7 дней		14 дней	
		инфицированных		жизнеспособных		жизнеспособных		жизнеспособных	
	шт.	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
М9	228	4	1,8	224	98,2	218	95,6	216	95,0
ММ106	22	0	0	22	100,0	22	100,0	22	100,0
Р22	84	1	1,2	83	98,8	83	98,8	82	97,6

После депонирования растения-регенеранты содержали в условиях светокультуральной комнаты при установленном режиме в течение 7 и 14 дней, затем пересаживали на свежую питательную среду. Показано, что по истечении 14 дней культивирования микропобегов в обычных условиях светокультуральной комнаты растения-регенеранты подвоев сохраняют высокую жизнеспособность: 95,0, 100,0 и 97,6 % для подвоев М9, ММ106 и Р22 соответственно (табл. 2), быстро восстанавливают нормальную окраску и начинают рост (рис. 1, 2).

Рис. 1. Микропобеги подвоев яблони: *а* – до депонирования; *б* – после депонирования в течение 75 дней при температуре +3…+5 °С; *в* – после депонирования в течение 75 дней и 7-дневной выдержки в условиях светокультуральной комнаты

Рис. 2. Конгломераты микропобегов подвоев после депонирования в течение 75 дней и 14-дневной выдержки в условиях светокультуральной комнаты: *а* – M9; *б* – ММ106; *в* – P22

Коэффициенты микроразмножения на первом и втором пассажах после депонирования для подвоев М9 и ММ106 отличаются незначительно, в то время как для подвоя Р22 коэффициент микроразмножения во втором пассаже значительно превышает значение в первом и составляет 5,6 и 2,1 соответственно. Коэффициенты размножения (2,0–5,6) данных подвоев после депонирования при низких температурах позволяют в дальнейшем получать посадочный материал.

Средние значения коэффициентов размножения микропобегов подвоев М9, ММ106 и Р22 составили 3,4, 2,0 и 3,9 соответственно (табл. 3).

Таблица 3. **Коэффициенты размножения подвоев яблони после депонирования в течение 75 дней**

Тип подвоя	Коэффициент размножения		Среднее по пассажам
	первый пассаж	второй пассаж	
М9	3,0	3,7	3,4
ММ106	2,0	2,0	2,0
Р22	2,1	5,6	3,9

Сравнительный анализ коэффициентов размножения до и после депонирования в течение 75 дней показал, что для подвоев М9 и Р22 существенных изменений не отмечено. Для подвоя ММ106 отмечено значительное снижение (с 3,8 до 2,0) коэффициента размножения после депонирования.

После депонирования в течение 12 месяцев (температурный режим составил +3…+5 °С, без освещения, без пассажирования) микропобеги исследованных типов подвоя М9 и Р22 некротизировались и теряли способность к микроразмножению (рис. 3).

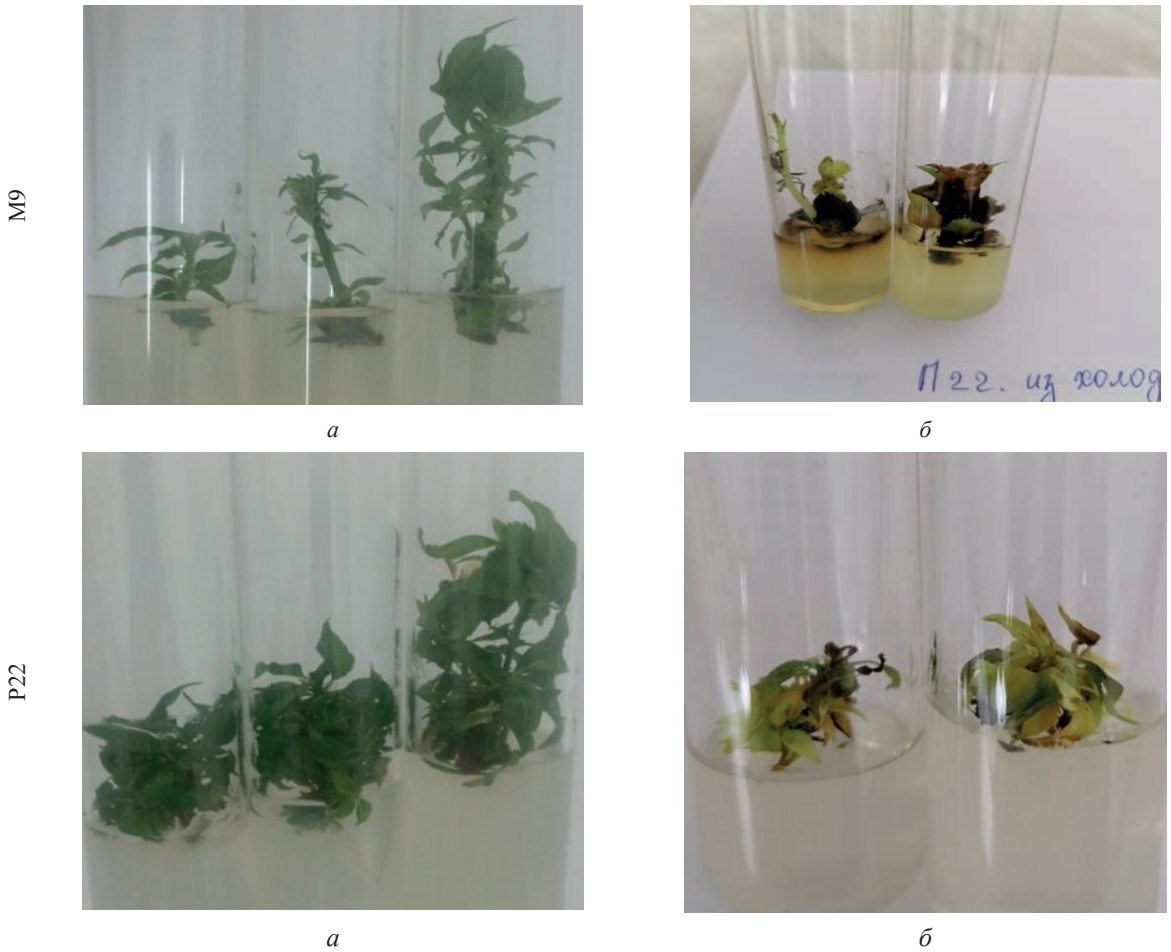


Рис. 3. Микропобеги подвоя: *а* – до депонирования; *б* – после депонирования в течение 12 месяцев

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Жизнеспособность микропобегов подвоев яблони в течение депонирования при полном отсутствии света и температуре +3...+5 °С сохраняется в течение 75 дней и составляет 98,2, 100,0 и 98,8 % для подвоев М9, ММ106 и Р22 соответственно.

Коэффициенты размножения до и после депонирования в течение 75 дней для подвоев М9 и Р22 существенно не изменялись. Для подвоя ММ106 отмечено значительное снижение коэффициента размножения после депонирования (с 3,8 до 2,0).

Депонирование при температуре +3...+5 °С в течение 12 месяцев привело к некрозу микропобегов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Матушкина, О. В. Технология беспересадочного культивирования яблони и груши *in vitro* / О. В. Матушкина, И. Н. Пронина // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2016. – № 5. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-besperesadochnogo-kultivirovaniya-yabloni-i-grushi-in-vitro (дата обращения: 20.02.2025).

2. Матушкина, О. В. Оптимизация процессов регенерации при размножении клоновых подвоев и сортов яблони и груши *in vitro* : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.07 / Матушкина Ольга Васильевна ; Мичур. гос. аграр. ун-т. – Мичуринск, 2008. – 23 с.

3. Пронина, И. Н. Длительное хранение эксплантов яблони и груши на этапе ризогенеза *in vitro* и его влияние на адаптацию *ex vitro* / И. Н. Пронина // Биотехнология в плодоводстве : материалы междунар. науч. конф., аг. Самохваловичи, 13–17 июня 2016 г. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – С. 47–50.

4. Семенас, С. Э. Технология производства оздоровленных клоновых подвоев яблони / С. Э. Семенас, А. А. Змушко, Н. В. Кухарчик // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – 2014. – Т. 26. – С. 64–78.

5. Бъядовский, И. А. Влияние жасмоновой кислоты и пониженной температуры на возможность длительного хранения клоновых подвоев яблони в культуре *in vitro* / И. А. Бъядовский // Садоводство и виноградарство. – 2018. – № 5. – С. 30–37.

6. Бъядовский, И. А. Влияние длительного депонирования клоновых подвоев яблони на питательных средах с добавлением жасмоновой кислоты и их последующее развитие в культуре *in vitro* / И. А. Бъядовский // Садоводство и виноградарство. – 2023. – № 5. – С. 35–41. – DOI: 10.31676/0235-2591-2023-5-35-41.

7. Ромаданова, Н. В. Биотехнология получения оздоровленных саженцев яблони / Н. В. Ромаданова ; М-во образования и науки Респ. Казахстан, Ин-т биологии и биотехнологии растений. – Алматы : Данабаев С.Б., 2020. – 126 с.

8. Котов, Л. А. Яблоня на слаборослых подвоях в условиях Урала : учеб.-науч. пособие / Л. А. Котов, Е. З. Савин ; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Свердл. селекц. ст. садоводства ВСТИСП Россельхозакадемии, Федер. гос. бюджет. учреждение науки [и др.]. – Челябинск : Б-ка А. Миллера, 2021. – 96 с.

9. Шокирова, М. Ш. Эффективность стерилизации эксплантов клоновых подвоев яблони / М. Ш. Шокирова, Х. И. Бободжанова, Н. В. Кухарчик // Наука и инновация (Илм ва фановари). – 2021. – № 3. – С. 145–153.

10. Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bio assay with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // Physiologia Plantarum. – 1962. – Vol. 15, iss. 3. – P. 473–497.

11. Размножение плодовых, ягодных растений, винограда и хмеля в культуре *in vitro* / Н. В. Кухарчик, М. С. Кастрицкая, Е. В. Колбанова [и др.] ; под общ. ред. Н. В. Кухарчик. – Минск : Колорград, 2021. – 400 с.

EFFECT OF STORAGE ON THE PROLIFERATION OF APPLE ROOTSTOCK MICROSHOOTS

Kh. I. BOBODZHANOVA, K. ASHURZODA

Abstract

The paper presents the results of research conducted at the laboratories of the Biotechnology Center of Tajik National University within the framework of the project ‘Biotechnology for the production of pathogen-free planting material and the creation of basic collections of sanitized fruit and berry crops’ (State Registration No. 0119TJ00971) during 2019–2023.

The study examined the effect of *in vitro* storage of apple rootstocks at low positive temperatures for 75 days and 12 months. The average micropropagation coefficients of two passages before storage of microshoots of rootstocks M9, MM106, and P22 were 3.4, 3.8, and 4.1 respectively, while after 75 days of storage, they were 3.4, 2.0, and 3.9 respectively.

Keywords: apple rootstocks, micropropagation, microshoots, storage, multiplication coefficient.

Поступила в редакцию 27.02.2025

УДК 634.7:581.192

ЯГОДНЫЕ КУЛЬТУРЫ КАК ИСТОЧНИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ ДЛЯ ИНДУСТРИИ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ

М. Ю. АКИМОВ, Е. В. ЖБАНОВА

ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина»,
ул. Мичурина, 30, г. Мичуринск, Тамбовская область, 393774, Россия,
e-mail: info@fnc-mich.ru

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты исследования генетической коллекции ягодных культур (земляника, крыжовник, малина, смородина черная, смородина красная, жимолость) по содержанию биологически активных соединений и минеральных веществ. Цель исследования состояла в проведении сравнительного анализа биологической ценности ягодных культур с позиций селекционно-технологических приоритетов для потребления в свежем виде и получения продукции профилактической и функциональной направленности. К категории низкого приоритета (1 балл) у исследованных культур отнесены витамины B_1 (кроме жимолости), B_2, Е, а также такие минеральные элементы, как натрий, кальций и цинк. Ягодные культуры являются хорошими источниками (2 балла) флавоноидов и калия. Наиболее высокий приоритет (3 балла) для исследованных культур определен по содержанию витамина С и полифенольных соединений, в частности антоцианов. Высоким содержанием витамина С (в 100 г ягод) обладают смородина черная (среднее содержание (117,3 ± 11,5) мг/100 г) и земляника ((66,7 ± 1,3) мг/100 г). Антоцианами богаты ягоды жимолости ((218,5 ± 27,6) мг/100 г) и смородины черной ((201,4 ± 11,6) мг/100 г). Высоким содержанием флавоноидов характеризуются ягоды жимолости ((245,0 ± 17,0) мг/100 г).

Ключевые слова: ягоды, сорт, химический состав, аскорбиновая кислота, антоцианы, минеральные элементы.

ВВЕДЕНИЕ

Усиливающееся распространение сердечно-сосудистых заболеваний, диабета, ожирения среди населения и одновременно выраженный дефицит микронутриентов в рационе становятся глобальной проблемой как для России, так и для большинства развитых стран. Так, недостаток витамина С характерен для значительной части (10–30 %) взрослого и детского населения Российской Федерации, особенно в зимне-весенний период года, что связано с недостаточным и нерегулярным потреблением зелени, свежих овощей и фруктов [1], которые в пирамиде здорового питания по своей значимости занимают второе место после зерновых культур.

Ягоды широко употребляются не только в свежем и замороженном виде, но и в качестве переработанных продуктов, включая консервированные фрукты, йогурты, напитки, джемы, желе. При низкой энергетической ценности ягоды являются источником целого ряда макро- и микронутриентов, необходимых для обеспечения нормальной жизнедеятельности и профилактики большинства алиментарно-зависимых заболеваний [2–4]. Ягоды в целом богаче витамином С, чем фрукты: в относительно бедных малине и крыжовнике – 25–30 мг/100 г, в землянике – 60 мг/100 г, в смородине черной – 200 мг/100 г. При употреблении ягод смородины черной и земляники степень обеспечения суточной потребности в витамине С за счет 100 г продукта составляет 200–225 % и 45–70 % соответственно [1]. Содержание витамина С в ягодах определяется многочисленными факторами, включая вид, сорт, агротехнику выращивания, климат, погодные условия, степень созревания, регион выращивания, сроки и условия хранения [5]. Важно отметить, что во многих ягодах присутствуют также биофлавоноиды – вещества с Р-витаминными свойствами, действующие как синергисты и повышающие эффективность витамина С (например, в смородине (0,4 %), малине (0,3 %), землянике (0,2 %)) [6]. Антоцианы, принадлежащие к группе биофлавоноидов, – это природные пигменты, отвечающие за окраску многих плодов и ягод. Помимо своей антиоксидантной ценности и установленных фармакологических свойств, они представляют интерес для пищевой промышленности, поскольку рассматриваются как потенциальные заменители синтетических пищевых красителей [7, 8].

Ягоды богаты макро- и микроэлементами, являющимися жизненно необходимыми компонентами рациона человека, так как они участвуют во многих обменных процессах. Недостаточное поступление и несбалансированность по количественному составу минеральных соединений могут сопровождаться серьезными нарушениями различных функций организма человека [9]. Калием особенно богаты смородина черная и крыжовник (от 260 до 360 мг/100 г). Железа много (более 1 мг/100 г) в смородине черной, малине и землянике. Земляника накапливает марганец, смородина черная – молибден [6]. Существенное различие в содержании минеральных веществ в плодах в различных регионах в основном связывают с особенностями химического состава почв.

Цель исследования состояла в проведении сравнительного анализа биологической ценности ягодных культур с позиций селекционно-технологических приоритетов для потребления в свежем виде и получения продукции профилактической и функциональной направленности.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования служили ягоды сортов земляники, крыжовника, малины, смородины черной, смородины красной, жимолости генетической коллекции ягодных культур ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина» (более 100 сортообразцов).

Изучение химического состава проводили на приборно-аналитической базе ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва) и лаборатории биохимии и пищевых технологий центра в 2020–2024 гг. Аскорбиновую кислоту определяли йодометрическим методом [10]. Суммарное содержание антоцианов определяли методом pH-дифференциальной спектрофотометрии [11]. Витамины B_1 и B_2 определяли флуорометрическим методом, витамин Е – методом ВЭЖХ, флавоноиды – спектрофотометрически. Изучение накопления минеральных элементов проводили атомно-абсорбционным методом (Fe, Cu, Zn), а также методом капиллярного электрофореза (K, Na, Mg, Ca) [11, 12]. Отбор проб для анализа осуществляли в период массового созревания плодов и ягод в количестве не менее 1 кг согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (ВНИИСПК, Орёл, 1999) [13]. Определение аскорбиновой кислоты, антоцианов, калия, натрия, магния, кальция проводили в свежих плодах сразу после сбора; витаминов B_1, B_2, Е, флавоноидов, железа, меди, цинка – в замороженных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В работе по оценке и ранжированию сортов ягодных культур по содержанию витаминов и минеральных веществ использованы установленные в методических рекомендациях МР 2.3.1.0253-21 [9] нормативные требования по уровню суточной потребности организма человека в пищевых и биологически активных веществах и минеральных элементах. В техническом регламенте Таможенного союза (ТР ТС 022/2011) [14] приведены сведения о пороговых значениях содержания пищевых и биологически активных веществ, позволяющих классифицировать пищевую продукцию как продукт с низким содержанием источника вещества или продукт с повышенным его содержанием. Применение данной системы градации с учетом обеспечения суточной нормы потребления веществ представляет интерес для классификации продукции садоводства и дальнейшего использования этих критериев для ранжирования сортов по пищевой ценности (табл. 1). Полученные данные необходимы при составлении рекомендаций для потребления высоковитаминной ягодной продукции в свежем виде, в пищевой индустрии при производстве продуктов здорового питания, а также в дальнейшей селекционной работе на улучшенный химический состав [11].

По результатам исследований по каждой культуре определены средние значения накопления, интервалы варьирования (табл. 2) биологически активных компонентов, выделены ценные формы с повышенным их содержанием.

Земляника. В качестве источников повышенного накопления аскорбиновой кислоты (от 74,9 до 89,3 мг/100 г) выделены сорта Гирлянда, Горноуктусская, Купчиха (земклуника), Львовская

Таблица 1. **Шкала распределения сортов ягодных культур по уровню содержания биологически активных и минеральных веществ и показателей их приоритетности**

Компонент химического состава	Физиологическая потребность, мг/сут	Содержание, мг/100 г свежих ягод		
		низкое (1 балл)	среднее (2 балла)	высокое (3 балла)
Витамины				
Витамин С	100* 30–90	≤ 10,40	10,50–20,90	≥ 21,00
Витамин B_1	1,5 0,3–1,5	≤ 0,23	0,24–0,50	≥ 0,51
Витамин B_2	1,8 0,4–1,8	≤ 0,29	0,30–0,59	≥ 0,60
Витамин Е	15 3–15	≤ 2,24	2,25–4,49	≥ 4,50
Флавоноиды	250	≤ 37,40	37,50–74,90	≥ 75,00
Антоцианы	50	≤ 12,74	12,75–25,49	≥ 25,50
Макро- и микроэлементы				
Калий	3500 1000–3200	≤ 374	375–749	≥ 750
Натрий	1300 200–1300	≤ 194	195–389	≥ 390
Магний	420 55–400	≤ 59,9	60,0–119,9	≥ 120,0
Кальций	1000 400–1200	≤ 187,4	187,5–374,9	≥ 375,0
Железо	10/18** 4–18	≤ 1,4	1,5–2,9	≥ 3,0
Медь	1,0 0,5–1,0	≤ 0,14	0,15–0,29	≥ 0,30
Цинк	12 3–12	≤ 1,79	1,80–3,59	≥ 3,60

* В числителе – физиологическая потребность для взрослых; в знаменателе – для детей.
** 10 мг/сут – для мужчин, 18 мг/сут – для женщин.

Таблица 2. **Витаминный профиль ягодных культур, выращенных в условиях ЦЧР**

Культура	Витамин С, мг/100 г	Витамин B_1, мг/100 г	Витамин B_2, мг/100 г	Витамин Е, мг ТЭ/100 г	Флавоноиды, мг/100 г	Антоцианы, мг/100 г
Земляника	66,7 ± 1,3 27,8–125,4	0,032 ± 0,001 0,024–0,041	0,018 ± 0,002 0,008–0,029	0,37 ± 0,03 0,26–0,61	47,2 ± 3,7 25,4–69,6	50,6 ± 2,2 3,6–171,6
Крыжовник	34,9 ± 1,8 27,2–45,1	0,021 ± 0,001 0,019–0,023	0,008 ± 0,001 0,006–0,010	1,14 ± 0,13 0,80–1,50	10,2 ± 1,2 7,1–13,2	63,7 ± 8,3 22,1–100,2
Малина	20,5 ± 0,9 16,5–27,7	0,050 ± 0,004 0,046–0,053	0,034 ± 0,003 0,028–0,039	0,32 ± 0,05 0,15–0,44	24,2 ± 4,5 19,7–48,4	36,5 ± 3,5 27,9–60,2
Смородина черная	117,3 ± 11,5 63,6–160,7	0,028 ± 0,002 0,021–0,036	0,004 ± 0,001 0–0,008	1,70 ± 0,18 0,90–2,90	62,2 ± 4,7 41,5–88,8	201,4 ± 11,6 149,2–257,4
Смородина красная	34,0 ± 4,8 19,4–46,5	–	–	1,90 ± 0,20 1,70–2,10	–	57,3 ± 26,6 22,4–109,6
Жимолость	30,2 ± 1,5 26,0–39,4	0,054 ± 0,100 0,035–0,064	0	0,02 ± 0,02 0–0,10	245,0 ± 17,0 180,0–277,0	218,5 ± 27,6 115,0–380,4

ранняя, Памяти Зубова, Привлекательная, Рубиновый каскад, Русановка, Торпеда, Фестивальная ромашка, Limalexia, Joly. Сорта селекции ФНЦ им. И. В. Мичурина Привлекательная, Рубиновый кулон, Фейерверк характеризуются стабильно высоким (более 100 мг/100 г, по среднемноголетним данным) уровнем накопления антоцианов в плодах. Также высоким их содержанием отличаются сорта Лакомая, Памяти Зубова, Флора, Источник, Алена, Торпеда, Рубиновый каскад. Исследованные зарубежные сорта (Chamora Turusi, Elianny, Flamenco, San Andreas, Arosa, Asia)

содержали менее 50 мг/100 г антоцианов. Использование в питании 100 г плодов таких богатых антоцианами сортов, как Привлекательная (среднемноголетнее содержание – 101,6 мг/100 г), Памяти Зубова (91,6 мг/100 г) и Фейерверк (107,8 мг/100 г), позволяет удовлетворить суточную потребность в данных биологически активных веществах на 203,2; 183,2 и 215,6 % соответственно.

Крыжовник. Повышенным содержанием витамина С (выше 40 мг/100 г) характеризовались сорта селекции ФНЦ им. И. В. Мичурина: Казачок, Черномор, Сфинкс; антоцианов (выше 100 мг/100 г) – Черномор.

Малина. Наибольшее накопление аскорбиновой кислоты отмечено у сорта Octavia (до 32,1 мг/100 г). Исходя из расчетных данных (20,5 мг/100 г), потребление порции (100 г) плодов малины удовлетворяет суточную потребность в аскорбиновой кислоте на 20,5 %. Красноплодные сорта малины накапливали в среднем 36,5 мг/100 г антоцианов. Высокое их содержание отмечено у сортов Polana (до 73,4 мг/100 г) и Поклон Казакову (до 68,5 мг/100 г). Плоды оранжевоплодного сорта Оранжевое чудо содержали 5,7 мг/100 г антоцианов. В ягодах малины черной сорта Cumberland содержание антоцианов достигало 452,5 мг/100 г. Исходя из адекватного уровня потребления антоцианов (50 мг/сут) [9] и средних значений их накопления (36,5 мг/100 г), порция в 100 г плодов малины обеспечивает удовлетворение суточной потребности в данных соединениях на 73 %.

Смородина черная. В качестве лучших по содержанию аскорбиновой кислоты выделены сорта селекции ФНЦ им. И. В. Мичурина Зеленая дымка (среднее многолетнее – 160,7 мг/100 г, максимальное – 216,0 мг/100 г), Аксинья (среднее многолетнее – 156,7 мг/100 г, максимальное – 167,9 мг/100 г). Исходя из адекватного уровня потребления антоцианов (50 мг/сут) [9] и расчетных средних значений их накопления (201,4 мг/100 г), всего 25 г плодов смородины черной позволяют удовлетворить суточную потребность в данных соединениях.

Смородина красная. Наибольшим содержанием витамина С отличался сорт Газель (среднее многолетнее – 46,5 мг/100 г, максимальное – 47,5 мг/100 г). Исходя из расчетного среднего содержания аскорбиновой кислоты, равного 34 мг/100 г, и рекомендуемой потребности в данном витамине, составляющей 100 мг/сут [9], употребление порции ягод (100 г) покрывает суточную потребность в аскорбиновой кислоте на 34 %. Смородина Виксне отличается наибольшим содержанием антоцианов – 201,7 мг/100 г.

Жимолость. Повышенным содержанием аскорбиновой кислоты характеризуются сорта селекции ФНЦ им. И. В. Мичурина Леня (39,4 мг/100 г) и Памяти Куминова (29,3 мг/100 г). Данные сорта накапливали также значительное количество антоцианов: 380,4 и 348,1 мг/100 г соответственно.

Подтверждается, что ягодные культуры не являются существенными источниками витаминов группы В в рационе современного человека. Употребление 100 г ягод обеспечивает поступление всего 1,0–3,5 % от рекомендуемого суточного потребления тиамина (B_1) и 0,2–3,0 % рибофлавина (B_2).

Исходя из данных по накоплению витамина Е (токоферола) у ягодных культур и рациональных норм их потребления, установлено, что суточная порция (около 300 г) ягод сортов смородины черной и красной обеспечивает поступление данного витамина до 42–58 % от рекомендуемой суточной потребности, крыжовника – до 30 %, малины, земляники – до 9–12 %.

Наименьшее накопление флавоноидов выявлено в ягодах крыжовника ((10,2 ± 1,2) мг/100 г), наибольшее – в ягодах жимолости ((245,0 ± 17,0) мг/100 г). Употребление 100 г ягод жимолости практически полностью покрывает адекватный уровень суточной потребности в них (250 мг); смородины черной – на 24,9 %; земляники – на 18,9 %.

Проведенные исследования макро- и микроэлементного состава ягодных культур выявили значительные различия по накоплению минеральных веществ (табл. 3). Концентрация исследованных минеральных элементов снижалась у ягодных культур в следующем порядке: K > Ca > > Mg > Na > Fe > Zn > Cu. Исследованные культуры характеризуются сравнительно низким накоплением натрия (0,80–1,71 мг/100 г) по отношению к суточной норме его потребления (1300 мг). Лучшими источниками калия являются ягоды жимолости, смородины черной, земляники; железа – смородины красной, смородины черной, малины, земляники. Высоким уровнем накопления

калия в ягодах отличались сорта жимолости Метелка (245,30 мг/100 г), Барышня (204,28 мг/100 г); земляники – Урожайная ЦГЛ (127,91 мг/100 г); смородины черной – Пандора (145,84 мг/100 г), Деметра (157,30 мг/100 г).

Таблица 3. **Минеральный состав ягодных культур, выращенных в условиях ЦЧР, мг/100 г**

Макро- и микроэлементы	Земляника	Крыжовник	Малина	Смородина черная	Смородина красная	Жимолость
K	121,58 ± 3,49	120,33 ± 7,04	96,64 ± 4,15	131,55 ± 5,79	98,74 ± 3,84	199,85 ± 13,47
Na	1,57 ± 0,07	1,03 ± 0,22	1,51 ± 0,20	1,04 ± 0,10	0,80 ± 0,09	1,71 ± 0,18
Mg	12,55 ± 0,30	8,59 ± 0,97	12,93 ± 0,58	8,45 ± 0,35	6,68 ± 0,65	11,39 ± 0,60
Ca	31,62 ± 1,61	31,85 ± 5,12	27,42 ± 1,83	32,34 ± 1,66	24,86 ± 1,57	40,91 ± 3,36
Fe	0,582 ± 0,73	0,376 ± 0,035	0,595 ± 0,059	0,675 ± 0,079	0,743 ± 0,048	0,435 ± 0,039
Cu	0,028 ± 0,02	0,048 ± 0,010	0,044 ± 0,006	0,0571 ± 0,010	0,068 ± 0,013	0,050 ± 0,008
Zn	0,135 ± 0,008	0,164 ± 0,008	0,354 ± 0,017	0,247 ± 0,016	0,218 ± 0,014	0,207 ± 0,018

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К категориям низкого приоритета (1 балл) у исследованных ягодных культур отнесены витамин B_1 (кроме жимолости), витамин B_2, витамин Е, а также такие минеральные элементы, как натрий, кальций и цинк. Ягодные культуры являются хорошими источниками (2 балла) флавоноидов и калия. Наиболее высокий приоритет (3 балла) для исследованных ягодных культур определен по содержанию витамина С и полифенольных соединений, в частности антоцианов. Наиболее высоким содержанием витамина С в 100 г ягод обладают смородина черная (117,3 мг/100 г) и земляника (66,7 мг/100 г). Антоцианами богаты ягоды жимолости (218,5 мг/100 г) и смородины черной (201,4 мг/100 г). Высоким содержанием флавоноидов характеризуются ягоды жимолости (245,0 мг/100 г).

Полученные данные имеют большое значение для характеристики ягодных культур в конкретном (Центрально-Черноземном) регионе выращивания по наиболее значимым компонентам антиоксидантного комплекса и минеральных веществ и выделения ценных сортов как источников свежей высоковитаминной ягодной продукции, а также в качестве сырья для получения продукции функциональной направленности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нутрициология и клиническая диетология. Национальное руководство / под ред. В. А. Тутельяна, Д. Б. Никитюка. – М. : Изд. группа «ГЭОТАР-Медиа», 2021. – 1008 с.

2. Биологическая ценность плодов и ягод российского производства / М. Ю. Акимов, В. В. Бессонов, В. М. Коденцова [и др.] // Вопросы питания / ФИЦ питания и биотехнологии ; редкол.: В. А. Тутельян (гл. ред.) [и др.]. – 2020. – Т. 89, № 4. – С. 220–232. – DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10055.

3. Тутельян, В. А. Ключевые проблемы в структуре потребления пищевой продукции и прорывные технологии оптимизации питания для здоровьесбережения населения России / В. А. Тутельян, Д. Б. Никитюк // Вопросы питания / ФИЦ питания и биотехнологии ; редкол.: В. А. Тутельян (гл. ред.) [и др.]. – 2024. – Т. 93, № 1. – С. 6–21. – DOI: 10.33029/0042-8833-2024-93-1-6-21.

4. A review of the bioactive ingredients of berries and their applications in curing diseases / A. Bilawal, M. Ishfaq, M.-A. Gantumur [et al.] // Food Bioscience. – 2021. – Vol. 44 (5). – P. 101407. – DOI: 10.1016/j.fbio.2021.101407.

5. Nile, S. H. Edible berries: bioactive components and their effect on human health / S. H. Nile, S. W. Park // Nutrition. – 2014. – Vol. 30 (2). – P. 134–144. – DOI: 10.1016/j.nut.2013.04.007.

6. Химический состав российских пищевых продуктов : справ. / под ред. В. А. Тутельяна [и др.]. – М. : ДеЛи, 2024. – 192 с.

7. Dietary effects of anthocyanins in human health: a comprehensive review / A. C. Gonçalves, A. R. Nunes, A. Falcão [et al.] // Pharmaceuticals. – 2021. – Vol. 14 (7), 690. – DOI: 10.3390/ph14070690.

8. Панасюк, А. Л. Производство и применение натуральных антоциановых пищевых красителей (обзор) / А. Л. Панасюк, Е. И. Кузьмина, О. С. Егорова // Пищевая промышленность. – 2021. – № 10. – С. 13–19.

9. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации : метод. рекомендации МР 2.3.1.0253-21 (утв. Федер. службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.). – М. : Роспотребнадзор, 2021. – 72 с. – URL: https://www.elibrary.ru/mayteb (дата обращения: 05.02.2025).

10. Антиоксиданты растений и методы их определения / Н. А. Голубкина, Е. Г. Кекина, А. В. Молчанова [и др.]. – М. : ИНФРА-М, 2022. – 179 с.

11. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище : Р 4.1.1672-03. – Введ. 30.06.2003. – М. : Федер. центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 240 с.

12. Безалкогольная, соковая, винодельческая, ликероводочная и пивоваренная продукция. Методика измерений массовой концентрации катионов калия, натрия, магния и кальция методом капиллярного электрофореза с использованием систем капиллярного электрофореза «Капель» : М 04-52-2008. – СПб., 2013. – 30 с.

13. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: Е. Н. Джигадло [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.

14. Пищевая продукция в части ее маркировки : технический регламент Таможенного союза : ТР ТС 022/2011. – Утв. Решением Комис. Тамож. союза от 9 дек. 2011 г. № 881. – 29 с. – URL: https://docs.cntd.ru/document/902320347?ysclid=m734va8a2o320237809 (дата обращения: 05.02.2025).

BERRY CROPS AS SOURCES OF FUNCTIONAL INGREDIENTS FOR THE HEALTHY FOOD INDUSTRY

M. Yu. AKIMOV, E. V. ZHBANOVA

Abstract

The article presents the results of a study of a genetic collection of berry crops (strawberry, gooseberry, raspberry, black currant, red currant, honeysuckle) based on the content of biologically active compounds and mineral substances. The aim of the study was to conduct a comparative analysis of the biological value of berry crops from the perspective of breeding and technological priorities for fresh consumption and for the production of prophylactic and functional-purpose products. Low-priority category (1 point) included vitamins B_1 (except honeysuckle), B_2, E, as well as mineral elements such as sodium, calcium, and zinc. Berry crops are good sources (2 points) of flavonoids and potassium. The highest priority (3 points) among the studied crops was determined by the content of vitamin C and polyphenolic compounds, particularly anthocyanins. Black currant berries have a high vitamin C content (per 100 g of berries) (average content (117.3 ± 11.5) mg/100 g), as well as strawberry ((66.7 ± 1.3) mg/100 g). Honeysuckle berries are rich in anthocyanins ((218.5 ± 27.6) mg/100 g) and black currant ((201.4 ± ± 11.6) mg/100 g). Honeysuckle berries are also characterized by a high content of flavonoids ((245 ± 17) mg/100 g).

Keywords: berries, cultivar, chemical composition, ascorbic acid, anthocyanins, mineral elements.

Поступила в редакцию 21.02.2025

УДК 634.75:581.192

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ЯГОД СОРТОВ И ОТБОРНЫХ ФОРМ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ СЕЛЕКЦИИ ФГБНУ ФНЦ САДОВОДСТВА*

Н. В. АНДРОНОВА

ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», ул. Загорьевская, 4, г. Москва, 115598, Россия,
e-mail: vstisp@vstisp.org

АННОТАЦИЯ

Цель исследований – выявление зависимостей между содержанием различных макро- и микроэлементов в плодах генотипов земляники и выделение наиболее ценных образцов для дальнейшей селекции. Объектами изучения служили плоды 14 сортов, 3 отборных форм земляники садовой и 1 сорта земклуники, созданных в ФГБНУ ФНЦ Садоводства. Содержание основных 12 элементов золы – Mg, P, S, K, Mn, Co, Fe, Ca, Zn, Ni, Cu и Mo – определяли методом энергодисперсионной спектрометрии (EDS) на аналитическом растровом электронном микроскопе JEOL JSM 6090 LA. Установлен убывающий ряд их накопления: K > P > Mg > Ca > Mn > S > Cu > Ni > Zn > Mo > Fe > Co. Содержание K в плодах варьирует в пределах от 5,96 (Кокинская Заря) до 25,57 мас.% (Барыня). Высоким накоплением K выделяются сорта Берегиня (21,29 мас.%) и Барыня (25,57 мас.%). По содержанию фосфора выделились сорта Кокинская Заря, Альфа, Витязь, Барыня, Берегиня (4,17–5,64 мас.%), что значительно превышает среднее значение показателя (3,16 мас.%). Содержание Mg в ягодах земляники колебалось в пределах от 1,76 (3-366-9) до 3,07 мас.% (Студенческая). По накоплению кальция выделился сорт Барыня (2,82 мас.%). По результатам корреляционного анализа выявлены связи между зольными элементами. Высокая положительная корреляция установлена между содержанием в плодах S – Mg (r = 0,71), Mo – K (r = 0,84). Зависимость между молибденом и калием показывает, что накопление молибдена на 71 % (R^2 = 0,7097) зависит от накопления калия. Сорт Барыня может быть источником повышенного содержания калия, кальция; сорт Студенческая – магния, железа, цинка; Любава – серы, меди; Берегиня – фосфора.

Ключевые слова: земляника садовая, сорт, отборная форма, макроэлементы, микроэлементы, энергодисперсионная спектрометрия, корреляция.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время популярным становится переход на правильное питание с целью ведения здорового образа жизни. Во многом это объясняется воздействием неблагоприятных факторов производства, приводящих к ухудшению условий внешней среды, нервно-эмоциональным напряжением и недавними событиями, связанными с коронавирусной инфекцией.

Ягоды являются неотъемлемой частью здорового питания. Они содержат уникальную гамму натуральных физиологически активных компонентов: антиоксидантов, пектиновых веществ, макро-, микро- и ультрамикроэлементов, витаминов, полифенолов, активных ферментов, органических кислот, пищевых волокон и других биологически активных веществ [1–3]. Благодаря природным компонентам ягоды улучшают пищеварение, сердечно-сосудистую деятельность, нервно-эмоциональное состояние человека, используются для профилактики многих заболеваний [4–6].

По мере распространения среди населения знаний о рациональном питании и лечебно-профилактических свойствах плодов и ягод растет и спрос на них, в том числе на землянику. В плодах земляники содержится 6–10 % сахаров (глюкоза, фруктоза, сахароза), 0,4–1,8 % органических кислот (яблочная, лимонная, бензойная, янтарная, винная), до 1,6 % пектиновых веществ, 2,0–2,4 % клетчатки, 250–750 мг/100 г Р-активных веществ, до 120 мг/100 г аскорбиновой кислоты. Земляника является источником ряда других витаминов: каротина (провитамина А) – 40 мкг/100 г, филлохинона (K_1) – 20 мкг/100 г, тиамина (B_1) – 0,024 мг/100 г, рибофлавина (B_2) –

* Работа выполнена в рамках реализации государственного задания ФГБНУ ФНЦ Садоводства FGUW-2022-0008 «Изучение генетических ресурсов растений инновационными методами аналитической биохимии и физиологии для ускорения селекционного процесса при создании адаптивных форм, гибридов и сортов садовых культур».

0,022 мг/100 г, пиридоксина (B_6) – 0,047 мг/100 г, фолиевой кислоты (B_9) – 0,24 мкг/100 г, ниацина – 0,386 мг/100 г, биотина – 1,1 мкг/100 г, пантотеновой кислоты – 0,125 мкг/100 г [7, 8].

Кроме наличия разнообразных витаминов и других биологических активных веществ, плоды земляники содержат макроэлементы (натрий, калий, кальций, магний, фосфор и др.) и микроэлементы (цинк, железо, медь, марганец и др.). Минеральные вещества ягод являются потенциально необходимыми компонентами для здоровья человека, так как они находятся в легкоусвояемых формах, укрепляют иммунитет, способствуют кроветворению, правильному развитию и росту костной ткани, обеспечивают оптимальную работу нервной системы. От них зависит качественный процесс обмена веществ, синтезирование ферментов, гормонов и витаминов в организме, баланс щелочи и кислот. По содержанию кальция и магния земляника превосходит многие плоды, а по количеству железа занимает одно из ведущих мест среди плодовых и ягодных культур [9, 10].

В настоящее время потребители не только интересуются вкусовыми качествами плодов земляники, но и обращают внимание на полезные соединения в ее составе. Поэтому важно не только создавать сорта земляники, адаптированные к условиям выращивания, но и делать акцент на увеличение биохимических показателей в плодах [11, 12].

Целью исследований было выявление зависимостей между содержанием различных макро- и микроэлементов в плодах сортов и отборных форм земляники садовой селекции ФГБНУ ФНЦ Садоводства и выделение наиболее ценных образцов для дальнейшей селекции.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Биохимические исследования проводили в 2022–2023 гг. в лаборатории аналитической биохимии и физиологии сельскохозяйственных растений ФГБНУ ФНЦ Садоводства. В качестве объектов использованы плоды 14 сортов, 3 отборных форм земляники садовой и 1 сорта земклуники, созданных в ФГБНУ ФНЦ Садоводства (табл. 1).

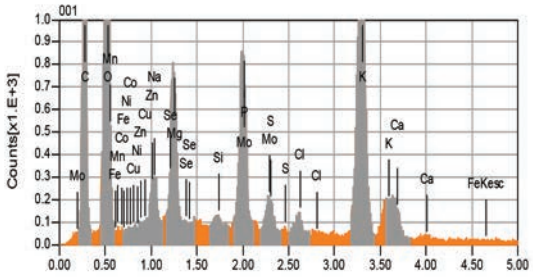
Таблица 1. **Характеристика объектов исследования**

Сорт, отбор	Срок созревания	Происхождение
Альфа	Поздний	Сюрприз Олимпиаде × Фестивальная Ромашка
Барыня	Средний	2-506-1 × Царица
Берегиня	Поздний	Соловушка × Induka
Восторг	Средний	Берегиня × Darselect
Витязь	Средний	Сюрприз Олимпиаде × Фестивальная Ромашка
Кокинская Заря	Ранний	Славутич × 157-7
Купчиха	Средний	263-88 (сеянец Рапорта × Фестивальная Ромашка) свободное опыление
Любава	Ранний	Соловушка × Женева
Наше Подмосковье	Средний	Marmolada свободное опыление
Росинка	Ранний	(КокинскаяРанняя × Сюрприз Олимпиаде) × Витязь
Русич	Поздний	Фестивальная Ромашка × Сюрприз Олимпиаде
Славутич	Средний	Фестивальная Ромашка × Сюрприз Олимпиаде
Соловушка	Средний	Сюрприз Олимпиаде × Фестивальная Ромашка
Студенческая	Средний	263-88 свободное опыление
Царица	Среднепоздний	Venta × Redgauntlet
3-366-9	Поздний	2-506-1 × Царица
3-686-2	Средний	3-5-1 × Любава
3-454-4	Поздний	Альфа × Darselect

Репрезентативную пробу зрелых ягод средней массой 200 г сушили в сушильном шкафу при температуре 50–60 °С. Высушенные образцы минерализовали в муфельной печи Naberterm (Германия) при температуре 450 °С в соответствии с ГОСТ 26929-94. Полученную золу диспергировали ультразвуком при частоте 18 кГц в течение 15 мин. Равномерный слой диспергата наносили на предметный столик, покрытый углеродным скотчем.

Содержание основных 12 элементов золы – Mg, P, S, K, Mn, Co, Fe, Ca, Zn, Ni, Cu и Mo – определяли методом энергодисперсионной спектрометрии (EDS) на аналитическом растровом электронном микроскопе JEOL JSM 6090 LA в соответствии с методикой [13]. Рабочее расстояние при проведении элементного анализа составляло 10 мм, ускоряющее напряжение – 20 кВ (изображение вторичных электронов). Данные энергодисперсионного микроанализа были представлены в соответствии со стандартными протоколами и включали изображения микроструктур исследуемого образца, таблицу массовых данных и спектральные линии диагностируемых элементов. Пример отчета анализа показан на рис. 1, где обозначения mass% – массовая часть элемента (мас.%); keV – энергия рентгеновского излучения K-уровня; Error% – ошибка определения, регистрируемая прибором.

Результаты были выражены в виде средних значений (n = 6) стандартного отклонения (SD). Использовали статистический анализ пакета Excel (Microsoft Excel, v. 2016).



Element	(keV)	mass%	Error%
Mg K	1,253	3,42	0,31
Mn K	5,486	2,16	0,24
S K	1,739	0,48	0,25
P K	2,013	1,02	0,3
K K	3,312	23,89	0,11
Ca K	3,69	1,8	0,15
Ni K	4,508	0,64	0,22
Fe K	6,398	0,23	0,28

Рис. 1. Результаты представления ЭДС-анализа: область сканирования, спектральные линии диагностируемых элементов и таблица результатов

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Минеральная часть плодов земляники представлена 12 основными элементами – Mg, P, S, K, Mn, Co, Fe, Ca, Zn, Ni, Cu и Mo. Наибольшую долю зольного остатка в ягодах земляники составляет калий (K). Калий является одним из самых главных элементов в регуляции белкового и углеродного обмена. Он необходим для передачи нервных импульсов и активизирует работу гормонов в организме человека [14].

В зависимости от генотипа содержание этого элемента варьировало в пределах от 5,96 до 25,57 мас.%. Высоким его уровнем накопления выделяются сорта Берегиня (21,29 мас.%) и Барыня (25,57 мас.%). Наименьшее содержание калия отмечено у раннего сорта Кокинская Заря (5,96 мас.%) (табл. 2).

Таблица 2. **Содержание макроэлементов в ягодах земляники (среднее за 2022–2023 гг.), мас.%**

Сорт, отборная форма	K	Mg	P	S	Ca	Сумма
Альфа	16,15	2,62	4,63	0,41	2,03	25,84
Барыня	25,57	1,95	4,81	0,36	2,82	35,51
Берегиня	21,29	2,76	5,64	0,31	1,44	31,44
Восторг	12,09	2,01	3,88	0,27	2,10	20,35
Витязь	19,32	2,61	4,63	0,41	2,03	29,00
Кокинская Заря	5,96	2,01	4,17	0,18	1,18	13,50
Купчиха	7,80	2,21	2,89	0,36	0,98	14,24
Любава	11,72	2,59	2,59	0,65	0,91	18,46
Наше Подмосковье	18,57	2,28	2,28	0,25	1,79	25,17
Росинка	13,02	3,03	3,02	0,61	1,63	21,31
Русич	13,13	2,27	2,27	0,33	1,62	19,62
Славутич	13,82	2,44	2,44	0,44	1,99	21,13
Соловушка	9,58	2,23	2,28	0,44	1,99	16,52
Студенческая	13,31	3,07	3,07	0,53	1,42	21,40

Окончание табл. 2

Сорт, отборная форма	K	Mg	P	S	Ca	Сумма
Царица	14,93	2,16	2,16	0,40	1,04	20,69
3-366-9	7,14	1,76	1,76	0,25	1,51	12,42
3-686-2	13,17	2,36	2,37	0,55	1,87	20,32
3-454-4	8,67	1,97	1,97	0,15	1,52	14,28
$НСР_{05}$	3,325	1,051	0,943	0,087	0,741	–

Минимальное количество фосфора накапливалось в плодах отборов 3-366-9 (1,76 мас.%) и 3-454-4 (1,97 мас.%). Этот макроэлемент играет большую роль в организме человека, входит в состав зубов и скелета, принимает участие в обмене веществ, передаче нервных импульсов, обеспечивает нормальную работу сердца и почек [15]. По содержанию фосфора выделились сорта Кокинская Заря, Альфа, Витязь, Барыня, Берегиня (4,17–5,64 мас.%), что значительно превышает среднее значение показателя (3,16 мас.%).

Содержание Mg колебалось в незначительных пределах – от 1,76 (3-366-9) до 3,07 мас.% (Студенческая). Магний не менее важен для человека, так как поддерживает стабильность сердечного ритма, обеспечивает крепость костей, стимулирует нормальное кровяное давление, участвует в синтезе белков для использования их организмом. Он необходим для метаболизма кальция и витамина С, а также фосфора, натрия и калия [16].

По накоплению кальция выделился сорт Барыня (2,82 мас.%). Наименьшее количество этого макроэлемента обнаружено в плодах сортов Купчиха (0,98 мас.%) и Любава (0,91 мас.%). Кальций регулирует проницаемость клеточных мебран, а также инициирует ответы клеток на различные внешние воздействия [16]. Важным структурным макроэлементом является сера, ее содержание в плодах земляники исследуемых генотипов составляет от 0,15 (отбор 3-454-4) до 0,65 мас.% (Любава).

В плодах земляники обнаружено 7 микроэлементов: марганец, железо, кобальт, никель, медь, цинк, молибден. Наибольшее количество Mn накапливалось в плодах сорта Барыня (0,21 мас.%). В плодах сорта Росинка и отбора 3-454-4 выявлены лишь следы (табл. 3).

Таблица 3. **Содержание микроэлементов в ягодах земляники (среднее за 2022–2023 гг.), мас.%**

Сорт, отборная форма	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Mo	Mn	Сумма
Альфа	0,15	0,13	0,42	0,11	0,14	1,17	0,09	2,21
Барыня	следы	0,09	0,44	0,04	0,12	3,45	0,21	4,35
Берегиня	0,16	0,09	0,51	0,11	0,11	3,16	0,16	4,30
Восторг	0,18	0,03	0,46	0,02	0,10	1,24	0,11	2,14
Витязь	0,19	0,13	0,52	следы	0,14	2,34	0,09	3,41
Кокинская Заря	0,15	0,19	0,26	0,42	0,16	0,94	0,15	2,27
Купчиха	0,08	0,09	0,06	следы	0,21	0,53	0,10	1,07
Любава	0,09	0,32	0,11	0,91	0,11	1,03	0,15	2,72
Наше Подмосковье	0,10	0,05	0,42	0,02	0,06	2,59	0,10	3,34
Росинка	0,09	0,10	0,13	0,83	0,4	1,32	следы	2,87
Русич	0,15	0,13	0,42	0,11	0,14	1,75	0,11	2,81
Славутич	0,07	0,20	0,44	следы	0,17	2,49	0,14	3,51
Соловушка	0,07	0,11	0,21	0,36	0,65	0,53	0,08	2,01
Студенческая	0,26	0,20	0,12	0,49	0,50	1,67	0,14	3,38
Царица	0,21	0,04	0,57	0,15	0,20	2,12	0,03	3,32
3-366-9	0,11	0,10	следы	0,38	0,21	1,55	0,06	2,41
3-686-2	0,21	0,73	0,34	0,33	0,34	0,89	0,16	3,00
3-454-4	0,04	0,19	0,11	0,49	0,17	1,10	следы	2,10
$НСР_{05}$	0,051	0,105	0,073	0,033	0,061	0,404	0,026	–

Железо является незаменимым компонентом крови, обеспечивает транспорт крови к тканям и органам и участвует в процессе окислительного метаболизма [16]. Высоким содержанием (более 0,20 мас.%) Fe выделяются сорта Студенческая, Царица и отбор 3-686-2, низким (0,04 мас.%) – отбор 3-454-4. Для сорта Барыня характерны только следы этого элемента.

Различия в содержании кобальта в плодах земляники более выражены, чем железа. Максимальное его количество отмечено в плодах отбора 3-686-2 (0,73 мас.%), а минимальное – сорта Восторг (0,03 мас.%).

Никель – незаменимый участник обмена веществ в организме человека, однако в высоком содержании рассматривается как наиболее динамичный, опасный контаминант окружающей среды. Его концентрации в биосфере и, следовательно, в пищевых продуктах растут в результате антропогенной деятельности чрезвычайными темпами. Допустимым (безопасным) уровнем суточного поступления никеля для взрослого здорового человека считается 1 мг [15]. В наших исследованиях содержание этого элемента варьировало от 0,06 мас.% у сорта Купчиха до 0,57 мас.% у сорта Царица. В плодах отбора 3-366-9 обнаружены только следы никеля.

По накоплению меди выделился сорт Любава (0,91 мас.%). Для сортов Витязь, Славутич и Купчиха характерны только следы этого элемента. Отмечено низкое содержание таких важных функциональных микроэлементов, как марганец и цинк. Наибольшее содержание цинка обнаружено в плодах сортов среднего срока созревания Студенческая (0,50 мас.%) и Соловушка (0,65 мас.%). По содержанию марганца выделился сорт Барыня (0,21 мас.%). В плодах сорта Росинка и отбора 3-454-4 выявлены лишь следы.

Высоким накоплением молибдена (2,49–3,45 мас.%) в плодах отличались сорта Славутич, Наше Подмосковье, Барыня, Берегиня, а низким (менее 1 мас.%) – сорта Кокинская Заря, Купчиха, Соловушка и отбор 3-686-2.

Среднее суммарное содержание зольных элементов в ягодах земляники составило 23,29 мас.%. Выше средних значений макро- и микроэлементов накапливается в ягодах сортов Барыня, Берегиня, Витязь, Наше Подмосковье. По результатам корреляционного анализа выявлены связи между зольными элементами (табл. 4).

Таблица 4. **Корреляционная матрица накопления 12 элементов в золе плодов земляники**

	K	Mg	P	S	Ca	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Mo
Mg	0,28										
P	0,57	0,26									
S	0,21	0,71	–0,03								
Ca	0,57	–0,13	0,33	0,15							
Fe	–0,02	0,38	0,12	0,28	–0,26						
Co	–0,15	0,13	–0,21	0,36	–0,04	0,23					
Ni	0,69	0,02	0,46	0,01	0,42	0,28	–0,15				
Cu	–0,42	0,31	–0,30	0,27	–0,43	–0,07	0,32	–0,66			
Zn	–0,31	0,31	–0,30	0,61	0,00	0,13	0,20	–0,42	0,39		
Mo	0,84	0,08	0,42	–0,06	0,41	–0,08	–0,31	0,61	–0,45	–0,44	
Mn	0,40	0,02	0,46	0,03	0,27	0,05	0,32	0,27	–0,25	–0,20	0,35

Высокая положительная корреляция установлена между содержанием в плодах S – Mg (r = = 0,71), Mo – K (r = 0,84). Зависимость между молибденом и калием показывает, что накопление молибдена на 71 % (R^2 = 0,7097) зависит от накопления калия (рис. 2).

Средняя связь (r = 0,31–0,69) прослеживается между элементами Ca – P, Fe – Mg, Co – S, Cu – Mg, Cu – Co, Mn – Co, Mn – Mo, P – K, Ca – K, Ni – K, Ni – Ca, Ni – P, Zn – S, Zn –Cu, Mo – P, Mo – Ca, Mo – Ni, Mn – K, Mn – P. Отсутствует связь между цинком и кальцием. Отрицательная корреляция отмечена между элементами Cu – Ni (r = –0,66). Эта зависимость показывает, что увеличение или уменьшение меди на 44 % (R^2 = 0,441) обратно пропорционально накоплению никеля (рис. 3).

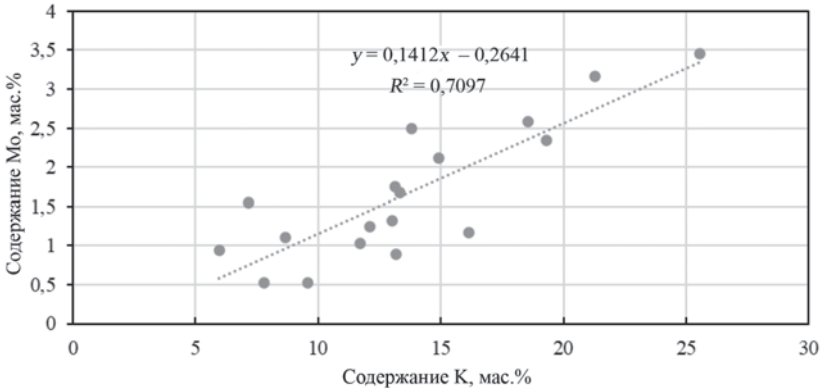


Рис. 2. Корреляционная связь между накоплением калия и молибдена в золе плодов земляники

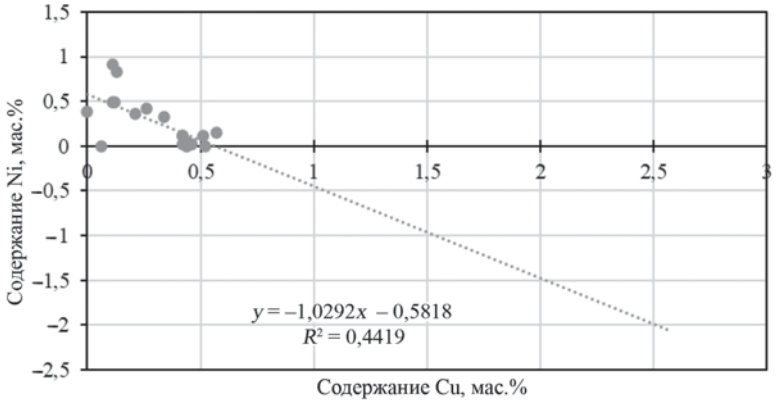


Рис. 3. Корреляционная связь между накоплением никеля и меди в золе плодов земляники

ВЫВОДЫ

В результате исследований в зольном остатке ягод земляники выявлено 12 макро- и микроэлементов и установлен убывающий ряд их накопления: K > P > Mg > Ca > Mn > S > Cu > Ni > Zn > > Mo > Fe > Co.

По сумме зольных элементов выделяются сорта Барыня, Берегиня, Витязь, Наше Подмосковье. Они представляют особый интерес в селекции на повышение содержания макро- и микроэлементов, пищевой ценности плодов.

Источником повышенного содержания калия, кальция может быть сорт Барыня; фосфора – Берегиня; магния, железа, цинка – Студенческая; серы, меди – Любава.

Высокая положительная корреляция установлена между содержанием в плодах S – Mg (r = 0,71), Mo – K (r = 0,84). Отрицательная корреляция отмечена между элементами Cu – Ni (r = –0,66).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Доронин, А. Ф. Функциональное питание / А. Ф. Доронин, Б. А. Шендеров. – М. : Грантъ, 2002. – 296 с.

2. Акимов, М. Ю. Новые селекционно-технологические критерии оценки плодовой и ягодной продукции для индустрии здорового и диетического питания / М. Ю. Акимов // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89, № 4. – С. 244–254. – DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10057.

3. Научное обеспечение ягодоводства России и перспективы его развития / И. М. Куликов, С. Н. Евдокименко, Т. А. Тумаева [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – Т. 25, № 4. – С. 414–419. – DOI: 10.18699/VJ21.046.

4. Сазонова, И. Д. Оценка уровня накопления биологически активных веществ в плодах ягодных культур в условиях Брянской области / И. Д. Сазонова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2019.– Т. 57. – С. 121–127. – DOI: 10.31676/2073-4948-2019-57-121-127.

5. Биологическая ценность плодов и ягод российского производства / М. Ю. Акимов, В. В. Бессонов, В. М. Коденцов [и др.] // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89, № 4. – С. 220–232. – DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10055.

6. Visualizing the distribution of strawberry plant metabolites at different maturity stages by MALDI-TOF imaging mass spectrometry / J. Wang, E. Yang, P. Chaurand, V. Raghavan // FoodChemistry. – 2021. – № 345. – P. 1–9. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128838.

7. Марченко, Л. А. Продуктивность земляники садовой и селекционные возможности ее повышения / Л. А. Марченко // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2021. – Т. 51, № 3. – С. 65–74. – DOI: 10.26898/0370-8799-2021-3-7.

8. Новикова, И. М. Оценка качества ягод земляники садовой зарубежной селекции / И. М. Новикова, И. М. Блинникова, А. С. Ильинский // Новые технологии. – 2024. – Т. 20, № 1. – С. 98–109. – DOI: 10.47370/2072-0920-2024-20-1-98-109.

9. Плоды земляники садовой (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) как ценный источник пищевых и биологически активных веществ (обзор) / М. Ю. Акимов, И. В. Лукъянчук, Е. В. Жбанова, А. С. Лыжин // Химия растительного сырья. – 2020. – № 1. – С. 5–18. – DOI: 10.14258/jcprm.2020015511.

10. Anthocyanin content, bioactive compounds and physico-chemical characteristics of potential new strawberry cultivars rich in-anthocyanins / M. Sirijan, N. Pipattanawong, B. Saeng-on, P. Chaiprasart // Journal of Berry Research. – 2020. – № 10 (3). – P. 397–410. – DOI: 10.3233/jbr190487.

11. Причко, Т. Г. Товарные качества и химический состав ягод земляники селекции СКФНЦСВВ / Т. Г. Причко, М. Г. Германова, Т. Л. Смелик // Плодоводство и виноградарство юга России. – 2019. – Т. 58. – С. 104–113. – DOI: 10.30679/2219-5335-2019-4-58-104-113.

12. Жбанова, Е. В. Биохимические показатели качества плодов перспективных сортов и отборных форм земляники в условиях Центрально-Черноземного района / Е. В. Жбанова, И. В. Лукъянчук // Таврический вестник аграрной науки. – 2023. – № 2 (34). – С. 30–38. – DOI: 10.5281/zenodo.8271879.

13. Мотылева, С. М. Методические рекомендации по выполнению анализа зольных элементов и минеральных включений в органах растений методом энергодисперсионной спектрометрии на аналитическим РЭМ-М. / С. М. Мотылева ; ВСТИСП. – Саратов : Амирит, 2018. – 40 с.

14. Тармаева, И. Ю. Минеральные вещества, витамины: их роль в организме. Проблемы микронутриентной недостаточности : учеб. пособие / И. Ю. Тармаева, А. В. Боева ; ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России; кафедра гигиены труда и гигиены питания. – Иркутск : ИГМУ, 2014. – 89 с.

15. Nickel: human health and environmental toxicology / G. Genchi, A. Carocci, G. Lauria [et al.] // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2020. – № 17 (3). – P. 679. – DOI: 10.3390/ijerph17030679.

16. Тутельян, В. А. Нутрициология и клиническая диетология : нац. руководство / В. А. Тутельян, Д. Б. Никитюк. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 656 с.

MINERAL COMPOSITION OF BERRIES FROM CULTIVARS AND SELECTED FORMS OF GARDEN STRAWBERRY BRED BY THE FSBSI FRUIT GROWING RESEARCH CENTER

N. V. ANDRONOVA

Abstract

The aim of the research was to identify varietal differences in the content of ash elements in strawberry fruits and to select the most valuable genotypes for further breeding. The study involved fruits of 14 cultivars, 3 selected forms of garden strawberry, and 1 cultivar of zemklunika developed at the FSBSI Fruit Growing Research Center. The chemical composition of 12 key ash elements – Mg, P, S, K, Mn, Co, Fe, Ca, Zn, Ni, Cu, and Mo – was determined using energy-dispersive spectrometry (EDS) on a JEOL JSM 6090 LA analytical scanning electron microscope. The elements were found to accumulate in the following descending order: K > P > Mg > Ca > Mn > S > Cu > Ni > Zn > Mo > Fe > Co. Potassium content in the fruits ranged from 5.96 wt% (Kokinskaya Zarya) to 25.57 wt% (Barynya). High potassium accumulation was observed in the cultivars Bereginya (21.29 wt%) and Barynya (25.57 wt%). High phosphorus content was recorded in Kokinskaya Zarya, Alpha, Vityaz, Barynya, and Bereginya (4.17–5.64 wt%), which significantly exceeds the average value (3.17 wt%). Magnesium levels in strawberry berries varied slightly, from 1.95 wt% (Barynya) to 3.07 wt% (Studencheskaya). The cultivar Barynya stood out for calcium accumulation (2.82 wt%). Correlation analysis revealed relationships between the ash elements. A strong positive correlation was found between S and Mg ($r = 0.71$), and between Mo and K ($r = 0.84$). The dependence between molybdenum and potassium shows that molybdenum accumulation is 71 % determined by potassium content ($R^2 = 0.7097$). The cultivars Barynya and Bereginya may serve as sources of increased potassium, phosphorus, and calcium; Studencheskaya – magnesium, iron, and zinc; Tsaritsa – iron and nickel; Rosinka – sulfur; Lyubava – copper.

Keywords: garden strawberry, cultivar, selected form, macroelements, microelements, energy-dispersive spectrometry, correlation.

Поступила в редакцию 14.04.2025

УДК 634.71:581.143.6

ВЛИЯНИЕ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА МОРФОГЕНЕЗ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *RUBUS* L. В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Т. В. ПЛАКСИНА

ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий»,
п. Научный городок, 35, г. Барнаул, 656910, Россия,
e-mail: tplaksina@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В работе представлены результаты исследований по микроразмножению *in vitro* сортов малины разного типа плодоношения и ежевики садовой с использованием питательных сред Драйвера и Куниюки (DKW) и Мурасиге и Скуга (MS), модифицированных по содержанию отдельных компонентов среды.

Установлено, что на коэффициент размножения (КР) в большей степени влияет генотип растения, а среда дает ему возможность раскрыть свой потенциал. Для малины обычного типа плодоношения Акварель и Добрая среда DKW оказала существенное влияние на этот показатель. Отмечено и статистически подтверждено, что среда DKW положительно влияет на рост побегов в длину и формирование гармонично развитых эксплантов у изученных сортов малины и ежевики, в отличие от среды MS.

Ключевые слова: малина, ежевика, эксплант, состав среды, регуляторы роста, коэффициент размножения.

ВВЕДЕНИЕ

Условия Западной Сибири с резко континентальным климатом, длительным морозным и снежным периодом в большей степени благоприятны для выращивания ягодных культур. Ягодные кустарники раньше вступают в плодоношение в отличие от косточковых и семечковых культур. Малина является одной из популярных ягодных культур в мире. В настоящее время в России возрос интерес к ежевике садовой, что связано с появлением современных сортов, обладающих высокими вкусовыми качествами, не имеющих шипов, с крупными, транспортабельными ягодами. Ежевика цветет позднее по сравнению с малиной, что расширяет ассортимент потребления свежих ягод. В НИИ садоводства Сибири имени М. А. Лисавенко (НИИСС), входящем в качестве отдела в Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, селекцией малины занимаются с 30-х гг. XX в. и продолжают по настоящее время. Создано 34 сорта малины, в основном на основе вида малины обыкновенной (*Rubus idaeus* L.) и ее гибридов, приспособленных к росту и плодоношению в условиях Сибири. В настоящее время производство посадочного материала новых местных и интродуцированных сортов малины испытывает определенные трудности. Это обусловлено многими причинами экономического и социального характера, а также возросшими требованиями к качеству посадочного материала, необходимостью создания центров по выращиванию базисных растений плодовых и ягодных культур в питомниках [1, 2]. В настоящее время из-за санкций ограничен доступ к импортным саженцам. По разным оценкам, зависимость России от импорта саженцев плодовых и ягодных культур составляет от 40 до 50 % [3]. В связи с этим имеет место дефицит качественного посадочного материала ряда ягодных культур. С каждым годом растет интерес к современным сортам ежевики садовой, в том числе на Алтае.

Перспективно вести селекцию ежевики с использованием лучших современных интродуцированных зарубежных сортов данной культуры [4]. В отделе НИИСС за последние годы собрана коллекция различных сортов ежевики и малино-ежевичных гибридов. Для полного их изучения в условиях юга Западной Сибири необходимо получить достаточное количество посадочного материала. Для быстрого тиражирования ценных генотипов перспективно использовать метод клонального микроразмножения *in vitro* [2, 5].

Цель данного исследования – оценить эффективность использования среды DKW для сортов малины и ежевики на этапе собственно микроразмножения в культуре *in vitro*.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работу проводили на протяжении трех лет (2022–2024) в лаборатории биотехнологии и цитологии отдела НИИСС по общепринятой методике [6].

Объекты исследования: сорта малины обычного типа плодоношения (Акварель, Добрая, Затонская) и ремонтантного (Брянское Диво, Оранжевое Чудо, Пингвин); 4 сорта ежевики (Brzezina, Natchez, Ouachita, Heaven Can Wait).

В качестве минеральной основы применяли среду DKW [7], в нашей модификации [8], дополненную хелатом железа в удвоенной концентрации. Витамины и глицин вносили согласно прописи среды MS, а бактериологический агар – в концентрации 7,0 г/л. Данная среда пока не получила широкого применения в культуре *in vitro* для плодовых и ягодных культур. Обычно при микроразмножении представителей рода *Rubus* применяют среду по прописи MS [6, 9, 10]. В опытах также использована традиционная среда MS, но с удвоенной концентрацией хелатного железа. В среды вносили регуляторы роста (РР): цитокинин – 6-бензиламинопурин (БАП) в концентрации от 2,5 до 4,5 мкМ и ауксин – индолил-3-масляная кислота (ИМК) – 0,25–0,90 мкМ, а также варианты без добавления ИМК.

Условия культивирования – согласно методике [8]. Источник света – белые светодиодные лампы (Jazzway 6500К).

Схема опыта: 3 экспланта на повторность, от 5 до 10 повторностей на вариант. В качестве экспланта брали микропобеги длиной 10–13 мм. Длительность пассажа – 60 дней. Результаты получены за одно субкультивирование.

Элементы учета: КР (количество микропобегов, шт/эксплант); средняя длина побегов (мм) или доля побегов длиной ≥ 13 мм (%).

Статистическую обработку данных ($p = 0,05$) проводили с использованием программы Excel, Word 2007 путем сравнения средних величин с расчетом доверительного интервала.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

К настоящему времени разработаны протоколы по микроразмножению более чем для 2400 видов растений, тем не менее для каждого вида и даже сорта часто требуется оптимизация условий в культуре *in vitro* [9, 11]. Создание новых гибридов и сортов сложного генетического происхождения часто приводит к трудностям при клонировании их *in vitro*. Поэтому постоянно ведется работа по оптимизации уже имеющихся методик и технологий согласно современным требованиям и тенденциям.

На Алтае проведена работа с сортами малины разного типа плодоношения и предложена универсальная технология микроразмножения [8]. На модифицированной среде DKW экспланты длительно росли без пересадок, листья оставались зелеными, в отличие от тех, что культивировали на среде MS. Экспланты образовывали побеги длиной более 13 мм.

Установлено отсутствие достоверных различий влияния минерального состава питательной среды на КР у большинства изученных сортов малины. По данному показателю достоверно выделились сорта Акварель и Добрая, для которых среда DKW явилась лучшей. Этот показатель у сорта Акварель превышал в 2 раза, а у сорта Добрая – в 4 раза таковой на среде MS (табл. 1).

Таблица 1. **Коэффициент размножения сортов малины, шт/эксплант**

Сорт	Среда					
	БАП 2,5 + ИМК 0,5		БАП 3,5 + ИМК 0,7		БАП 4,5 + ИМК 0,9	
	DKW	MS	DKW	MS	DKW	MS
Акварель	9,0 ± 1,7	3,7 ± 0,9	10,3 ± 1,8	4,2 ± 0,7	6,6 ± 1,6	3,3 ± 0,7
Добрая	8,8 ± 1,0	2,7 ± 0,8	9,6 ± 1,3	2,4 ± 0,9	11,0 ± 1,4	3,7 ± 0,7
Затонская	6,5 ± 1,6	7,6 ± 2,3	8,6 ± 1,9	9,4 ± 2,5	8,4 ± 2,2	7,8 ± 3,1
Брянское Диво	9,1 ± 1,8	7,3 ± 1,4	6,7 ± 1,4	6,2 ± 1,3	8,3 ± 1,6	7,1 ± 1,3
Оранжевое Чудо	12,2 ± 2,5	9,8 ± 2,6	11,5 ± 1,9	12,3 ± 1,7	11,8 ± 1,8	*
Пингвин	5,7 ± 1,0	6,1 ± 2,0	5,8 ± 1,1	5,3 ± 1,2	6,2 ± 0,8	*

* Эксперимент не проводили.

Развитие эксплантов малины на разных по гормональному составу средах показало, что увеличение концентрации БАП до 4,5 мкМ и ИМК до 0,9 мкМ способствует образованию каллуса в базальной части побега, что нежелательно при клонировании сортов. Также отмечены признаки гипергидратации у вновь образовавшихся побегов и листьев. Среда DKW, дополненная БАП 3,5 + + ИМК 0,7, выделена как оптимальная для всех изученных генотипов малины. Она в целом положительно влияла на рост побегов в длину и их гармоничное развитие. Это позволило уже на этапе собственно размножения отказаться от этапа элонгации. В зависимости от концентрации РР на среде с минеральной основой по прописи DKW длина побегов малины превышала в 1,4–5,6 раза длину побегов при сравнении со средой MS (табл. 2).

Таблица 2. **Длина микропобегов сортов малины на разных средах, мм**

Сорт	Среда					
	БАП 2,5 + ИМК 0,5		БАП 3,5 + ИМК 0,7		БАП 4,5 + ИМК 0,9	
	DKW	MS	DKW	MS	DKW	MS
Акварель	7,0 ± 1,1	2,7 ± 0,7	6,8 ± 1,4	4,2 ± 0,7	5,6 ± 0,6	3,3 ± 0,7
Добрая	15,1 ± 1,9	2,7 ± 0,7	12,3 ± 1,4	4,6 ± 0,9	6,9 ± 2,1	2,2 ± 0,7
Затонская	5,0 ± 0,8	2,7 ± 0,5	4,8 ± 1,1	2,4 ± 0,3	6,3 ± 0,8	4,0 ± 0,7
Брянское Диво	16,5 ± 1,8	10,3 ± 1,5	10,2 ± 1,6	7,1 ± 1,0	9,8 ± 1,1	6,7 ± 1,6
Оранжевое Чудо	7,9 ± 1,0	4,4 ± 1,3	8,8 ± 1,0	4,2 ± 0,5	11,0 ± 1,0	*
Пингвин	12,6 ± 1,8	4,0 ± 0,8	14,7 ± 1,8	4,5 ± 0,6	14,6 ± 1,6	*

* Эксперимент не проводили.

Таким образом, для размножения малины *in vitro* мы предлагаем использовать модифицированную питательную среду DKW, дополненную РР БАП в концентрации 3,5 мкМ совместно с ИМК в концентрации 0,7 мкМ.

Ежевика с малиной принадлежат к одному роду, но сорта ежевики имеют сложное генетическое происхождение [4]. Это во многом определяет реакцию отдельных сортов на условия культивирования *in vitro*. При работе с ежевикой нам пришлось скорректировать соотношение и состав РР в питательной среде. Концентрация ауксина была снижена в 10 раз по отношению к цитокинину. Культивирование эксплантов ежевики на среде, оптимальной для малины (БАП 3,5 + + ИМК 0,7), приводило к сильному разрастанию каллуса в основании экспланта и гипергидратации листьев в нижней части микропобегов. Особенно это проявилось на сорте Heaven Can Wait. Возможно, это связано с уровнем эндогенных РР и, в частности, с концентрацией ауксинов. Не выявлено достоверных различий относительно влияния среды DKW или MS на КР. Различия отмечены лишь в двух случаях. У сорта Brzezina на среде DKW с БАП 2,5 + ИМК 0,25 КР в среднем составлял 17,5 шт/эксплант, что в 1,5 раза превысило аналогичный показатель на среде MS. Сорт Natchez проявил обратную реакцию: на среде MS с БАП 3,0 мкМ КР был в 2 раза выше, чем на среде DKW, и составил 9,9 шт/эксплант. Такая реакция сортов подтверждает роль генотипа при культивировании *in vitro* [9, 11].

Среда DKW оказала положительное влияние на рост побегов в длину как для сортов ежевики, так и малины (табл. 3).

Таблица 3. **Количество побегов ежевики длиной ≥ 13 мм на разных средах, %**

Среда	Сорт			
	Brzezina	Natchez	Heaven Can Wait	Ouachita
DKW + БАП 2,5	14,3	6,5	58,4	54,3
DKW + БАП 2,5 + ИМК 0,25	44,2	21,8	64,9	42,5
DKW + БАП 3,0	10,3	35,1	37,8	25,0
DKW + БАП 3,0 + ИМК 0,3	26,5	12,2	75,0	45,6
MS + БАП 2,5	22,4	19,5	55,7	42,2
MS + БАП 2,5 + ИМК 0,25	18,3	21,0	61,3	60,0
MS + БАП 3,0	23,0	30,2	49,2	58,0
MS + БАП 3,0 + ИМК 0,3	20,9	31,3	52,1	52,0

На среде DKW получено от 35 до 75 % побегов длиной 13 мм и более. Это дает возможность использовать часть побегов на последующих этапах укоренения и адаптации, что значительно ускоряет выход посадочного материала.

Таким образом, для изученных сортов ежевики можно рекомендовать модифицированную среду DKW с РР БАП в концентрации 2,5–3,0 мкМ с добавлением 0,25–0,3 мкМ ИМК.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований на 6 сортах малины и 4 сортах ежевики установлено, что модифицированная среда DKW положительно влияет на морфогенез в условиях *in vitro* у изученных представителей рода *Rubus*. Для сортов малины Акварель и Добрая культивирование на данной среде повышает коэффициент размножения в 2 и 4 раза соответственно по сравнению со средой MS. Применение среды DKW позволяет уже на этапе собственно размножения увеличить выход побегов длиной более 13 мм, тем самым исключить этап элонгации и ускорить выход посадочного материала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Организация технологических процессов производства посадочного материала плодовых культур : моногр. / под общ. ред. Е. А. Егорова. – Краснодар : СКФНЦСВВ, 2019. – 243 с.

2. Гегечкори, Б. С. Инновационные технологии производства посадочного материала плодовых и ягодных культур : учеб. пособие для вузов / Б. С. Гегечкори, Т. Н. Дорошенко, Н. А. Щербаков. – СПб. : Лань, 2022. – 208 с.

3. Кузичева, Н. Ю. Стратегические проблемы развития садоводства России / Н. Ю. Кузичева // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 72, № 1. – С. 142–146.

4. Грюнер, Л. А. Приоритетные направления и перспективы селекции ежевики в условиях средней полосы России / Л. А. Грюнер, Б. Б. Корнилов // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2020. – Т. 24, № 5. – С. 489–500.

5. Высоцкий, В. А. Биотехнологические приемы в современном садоводстве / В. А. Высоцкий // Плодоводство и ягодоводство России. – 2011. – Т. 26. – С. 3–10.

6. Соловых, Н. В. Использование биотехнологических методов в работе с ягодными культурами : метод. рекомендации / Н. В. Соловых. – Мичуринск : Изд-во Мичур. госагроун-та, ВНИИГиСПР им. И. В. Мичурина, 2009. – 47 с.

7. Driver, J. A. *In vitro* propagation of paradox walnut rootstock / J. A. Driver, A. H. Kuniyuki // HortScience. – 1984. – Vol. 19, № 4. – P. 507–509.

8. Плаксина, Т. В. Микроклональное размножение сортов малины обычного и ремонтантного типа : метод. рекомендации / Т. В. Плаксина, Д. А. Гусев. – Барнаул, 2023. – 27 с.

9. Мелихов, И. Д. Микроразмножение растений рода *Rubus* на питательных средах разного минерального состава / И. Д. Мелихов, С. А. Муратова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2024. – Т. 76, № 1. – С. 77–82.

10. Clapa, D. Propagation of blackberry cultivars in three *in vitro* culture systems and evaluation of genetic uniformity / D. Clapa, M. Harta, M. I. Cordea // Journal of Central European Agriculture. – 2024. – Vol. 25, № 4. – P. 1076–1087.

11. Плаксина, Т. В. Совершенствование элементов технологии клонального микроразмножения малины разного типа плодоношения / Т. В. Плаксина, Д. А. Гусев // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2024. – Т. 54, № 4. – С. 5–12.

EFFECT OF NUTRIENT MEDIUM ON MORPHOGENESIS OF *RUBUS* L. REPRESENTATIVES IN *IN VITRO* CULTURE

T. V. PLAKSINA

Abstract

This study presents the results of *in vitro* micropropagation of raspberry cultivars with different fruiting types and garden blackberry using Driver and Kuniyuki (DKW) and Murashige and Skoog (MS) media, modified in terms of specific medium components.

It was established that the multiplication rate (MR) is primarily influenced by the plant genotype, while the culture medium provides the conditions for expressing this potential. For traditionally fruiting raspberry cultivars Aquarelle and Dobraya, the DKW medium had a significant positive effect on this parameter. It was statistically confirmed that DKW medium promotes better shoot elongation and the formation of well-developed explants in the studied raspberry and blackberry cultivars, in contrast to MS medium.

Keywords: raspberry, blackberry, explant, medium composition, growth regulators, multiplication rate.

Поступила в редакцию 06.03.2025

УДК 634.711:631.52:631.559

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ПЛОДОВ МАЛИНЫ РЕМОНТАНТНОЙ*

С. Н. ЕВДОКИМЕНКО[1], В. И. ГУБОГЛО[2]

[1]ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», ул. Загорьевская, 4, г. Москва, 115598, Россия,
e-mail: serge-evdokimenko@yandex.ru
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный аграрный университет», ул. Советская, 2а, с. Кокино, Выгоничский район, Брянская область, 43365, Россия

АННОТАЦИЯ

Целью настоящих исследований было установление возможности создания форм ремонтантной малины, по прочности плодов превосходящих лучшие современные сорта, и выявление перспективных родительских пар. Физико-механические свойства плодов малины изучались в 2022–2024 гг. Материал исследований включал 19 ремонтантных сортов малины, 8 отборных форм и 10 комбинаций скрещиваний. За период наблюдений среди сортов и форм не выявлено генотипов с очень мягкими плодами (< 3,0 Н). Прочные ягоды, выдерживающие усилие на раздавливание 7,6–9,0 Н, формировали сорта Атлант (st), Медвежонок, Салют и отборные формы № 44-154-2, 1-60-1, 9-113-1, 11-165-10. По этому критерию они соответствуют требованиям пригодности для механизированного сбора урожая и обеспечивают высокое качество плодов при транспортировке и послеуборочном хранении. Селекционный интерес представляют семьи, в которых выщепляются сеянцы с очень прочными ягодами. Такие гибриды наблюдались в комбинациях скрещиваний: 9-113-1 × Салют (11,2 %), Атлант × 11-165-10 (8,4 %), 11-165-10 × 1-60-1 (2,9 %), Салют × Медвежонок (5,9 %), 1-60-1 × 9-155-1 (9,3 %).

Ключевые слова: ремонтантная малина, селекция, сорта, гибридные сеянцы, прочность ягод, усилие на раздавливание плодов, коэффициент относительной прочности.

ВВЕДЕНИЕ

Плоды малины входят в число наиболее востребованных на рынке ягодной продукции, что связано с их вкусовыми и лечебно-профилактическими свойствами. Они отличаются неповторимым ароматом и десертным вкусом, позиционируются как богатый источник биологически активных соединений, оказывающих положительное влияние на здоровье человека. Малина имеет и большое экономическое значение, ее выращивают более чем в 50 странах мира. По данным FAOSTAT [1], в 2020 г. производство ягод достигло 895,8 тыс. т, а площадь, занятая культурой, превысила 112 тыс. га. При этом в отчетах ФАО отсутствует информация о производстве малины в Китае, Бразилии, Аргентине, Казахстане, Республике Беларусь, где эта культура возделывается на промышленной основе.

Вместе с тем плоды малины – это скоропортящийся продукт с ограниченным сроком послеуборочного хранения, который сопровождается потерей воды, изменением цвета, размягчением тканей, поражениями патогенами [2]. Наличие полости внутри плодов от плодоложа создает дополнительные трудности при транспортировке, во время которой ягоды сминаются под действием силы тяжести верхних слоев, теряя форму, а иногда и выделяя сок [3, 4]. В связи с этим увеличение прочности ягод малины, а следовательно, и улучшение ее транспортабельности является одной из приоритетных задач многих селекционных программ [5, 6]. Особый интерес представляет оценка сортов малины по изучаемому показателю в связи с механизированной уборкой урожая. Прочность ягод является ключевым критерием пригодности сорта к комбайновой уборке. Рядом исследователей [7, 8] установлена тесная корреляция между плотностью ягод и восприимчивостью их к гнилям.

* Исследования выполнены в соответствии с государственным заданием ФГБНУ ФНЦ Садоводства по теме «Генетические и биотехнологические подходы управления селекционным процессом, совершенствование существующих методов селекции для конструирования новых генетических модификаций плодовых, ягодных, овощных и полевых культур, отвечающих современным требованиям сельскохозяйственного производства» (FGUW-2021-0001).

В селекции на увеличение прочности ягод малины пройден большой путь. Первоначальные сорта отличались мягкими, нетранспортабельными ягодами, пригодными для быстрого использования в свежем виде или для переработки. И только в середине прошлого века появились сорта для коммерческого производства, способные переносить транспортировку на относительно большие расстояния, что способствовало международной торговле свежими ягодами малины и бурному развитию отрасли [9]. Современные промышленные сорта существенно превышают своих предшественников по прочности, транспортабельности и сроку хранения. По данным ряда исследователей [10–13], повышенной прочностью и транспортабельностью плодов обладают сорта Атлант, Карамелька, Медвежонок, Driscoll Maravilla, Poranna Rosa, Kwanza. Несмотря на то, что некоторые из них пригодны к механизированному съему и убираются в промышленных условиях комбайном, уровень их прочности недостаточный для обеспечения высокого качества плодов после уборки. Следовательно, дальнейшее селекционное увеличение прочности плодов весьма актуально. В связи с этим *целью исследований* было установление возможности создания форм ремонтантной малины, по прочности плодов превосходящих лучшие современные сорта, и выявление перспективных родительских пар.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Физико-механические свойства плодов малины изучали в 2022–2024 гг. Материал исследований включал 19 ремонтантных сортов малины, 8 отборных форм и 10 комбинаций скрещиваний.

Плоды снимали в сухую погоду в период оптимальной спелости по 10 шт. в трех повторностях каждого сорта и отбора и по 10 шт. без повторностей с каждого сеянца [14, 15]. Плоды клали боковой стороной на электронные весы и раздавливали предметным стеклом до появления капли сока, отмечая при этом показания дисплея, которые затем переводили в Ньютоны (1 кгс = 9,8 Н).

Уровень прочности ягод оценивали по модифицированной нами шкале:

очень мягкие (< 3,0 Н);

мягкие (3,0–5,0 Н);

средней прочности (5,1–7,0 Н);

прочные (7,1–9,0 Н);

очень прочные (> 9,0 Н).

Усилие на отрыв ягод от цветоложа определяли пистолетом-динамометром [16]. При этом количество ягод и повторностей было таким же, как и при определении прочности. Коэффициент относительной прочности рассчитывали по формуле, предложенной Ю. А. Утковым [17].

Анализ гибридного потомства проводили в соответствии с программой и методикой селекции плодовых и ягодных культур.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение прочности ягод ряда родительских ремонтантных сортов и форм малины показало их существенное различие по этому признаку, а также выявило тесную зависимость исследуемого показателя от генотипа и окружающей среды.

Солнечная, сухая погода с небольшим дефицитом влаги во время массового плодоношения ремонтантных сортов малины в период исследований способствовала формированию урожая высокого качества. Наиболее благоприятные условия для ремонтантной малины сложились в 2024 г. Средняя прочность ягод по всем сортам в этот сезон составила 6,5 Н (табл. 1). За весь период наблюдений среди сортов и форм не выявлено генотипов с очень мягкими плодами (< 3,0 Н). Только 4 образца (Оранжевое чудо, Нижегородец, Бабье лето и Снежеть), или 14,8 %, формировали мягкие, нетранспортабельные плоды с усилием на раздавливание 4,1–4,6 Н. Бóльшая часть сортимента (59,3 %) имела плоды средней прочности, которые пригодны для ручной уборки и длительной транспортировки. Прочные ягоды, выдерживающие усилие на раздавливание 7,6–9,0 Н, формировали сорта Атлант (st), Медвежонок, Салют и отборные формы № 44-154-2, 1-60-1, 9-113-1, 11-165-10. По этому критерию они соответствуют требованиям пригодности для механизированного сбора урожая и обеспечивают высокое качество плодов при транспортировке и послеуборочном хранении.

Таблица 1. **Физико-механические свойства плодов ремонтантных сортообразцов малины**

Сорт, форма	Усилие на раздавливание плодов, Н				Коэффициент относительной прочности
	2022 г.	2023 г.	2024 г.	*X* ср	
Атлант (st)	8,8	8,0	7,7	8,2	0,93
Бабье лето	4,4	3,7	4,9	4,3	0,88
Евразия	6,8	6,2	7,0	6,7	0,93
Жар-птица	6,2	5,3	6,8	6,1	0,92
Карамелька	7,0	6,1	6,3	6,5	0,91
Комсомольская Правда	5,3	6,2	5,1	5,5	0,87
Медвежонок	7,3	8,0	7,4	7,6	0,92
Нижегородец	4,2	4,1	4,2	4,2	0,86
Оранжевое чудо	4,3	3,6	4,3	4,1	0,83
Пингвин	5,7	4,4	5,2	5,1	0,88
Подарок Кашину	6,8	7,0	7,0	6,9	0,87
Поклон Казакову	6,6	6,7	6,5	6,6	0,91
Похвалинка	6,1	6,4	6,7	6,4	0,87
Салют	8,2	7,3	8,1	7,9	0,92
Самородок	6,6	6,8	7,0	6,8	0,88
Снежеть	4,8	4,2	4,8	4,6	0,89
Юбилейная Куликова	6,0	4,5	5,3	5,3	0,89
Brice	6,2	7,2	6,5	6,6	0,91
Sugana	7,0	7,0	6,7	6,9	0,91
1-16-11	5,3	5,1	4,8	5,1	0,90
1-60-1	7,6	7,8	8,8	8,0	0,87
11-165-10	8,0	9,7	9,2	9,0	0,93
2-53-1	6,7	6,9	7,0	6,9	0,86
3-111-1	6,2	6,0	6,9	6,4	0,88
44-154-2	7,1	8,9	7,6	7,9	0,85
9-113-1	7,5	7,2	8,0	7,6	0,86
9-155-1	5,3	5,6	5,5	5,5	0,89
Среднее по сортам	6,3	6,3	6,5	–	–
$НСР_{05}$	0,91	0,97	0,94	–	–

Однако показатель «усилие на раздавливание» не дает объективной оценки прочности плодов. Так, ягоды ряда ремонтантных сортов и форм малины (Подарок Кашину, 44-154-2, 9-113-1 и др.) плохо отделяются от плодоложа, теряя при этом целостность и товарный вид. В связи с этим при оценке прочностных характеристик плодов малины используется безразмерный коэффициент относительной прочности, который учитывает силу раздавливания ягод и силу их отрыва. По нашим многолетним наблюдениям, надежно и с полной уверенностью можно считать пригодными к машинной уборке урожая и всем видам переработки формы, у которых коэффициент относительной прочности ягод превышает 0,9.

Изучаемые ремонтантные сортообразцы имели коэффициент относительной прочности ягод в пределах 0,83–0,93. Наибольшее значение показателя (0,91–0,93) отмечено у сортов Атлант, Карамелька, Поклон Казакову, Жар-птица и др. При таком уровне коэффициента ягоды легко отделяются от плодоложа и не травмируются. Сорта Атлант, Салют, Медвежонок и отборная форма 11-165-10 сочетали повышенную прочность ягод с высоким уровнем коэффициента относительной прочности и по физико-механическим свойствам плодов подходили под машинную уборку урожая.

Анализ гибридного потомства ремонтантных родительских форм малины по прочности ягод свидетельствует о большом размахе варьирования сеянцев по изучаемому показателю в зависимости от комбинации скрещивания. Потомство от скрещивания сортов с различным уровнем усилия раздавливания ягод обычно представлено наибольшим числом растений, занимающих промежуточное положение между родительскими формами (табл. 2). При этом нередко наблюдается выщепление форм как с отрицательной, так и с положительной трансгрессией по изучаемо-

му признаку, что свидетельствует о селекционных возможностях улучшения его уровня в последующих генерациях. Так, в четырех семьях из десяти (Комсомольская Правда × 44-154-2, 1-60-1 × × Комсомольская Правда, Комсомольская Правда × Карамелька, Салют × Медвежонок) встречались сеянцы с очень мягкими плодами. В большинстве из них одной из родительской форм был сорт Комсомольская Правда, формирующий ягоды со средним уровнем прочности. Основная часть гибридов во всех комбинациях скрещиваний имела плоды мягкие и средней прочности (3,0–7,0 Н). Сложное расщепление наблюдалось в семье Салют × Медвежонок, где были представлены сеянцы всех групп прочности: от очень мягких до очень прочных.

Таблица 2. **Расщепление гибридного потомства по прочности ягод**

Комбинации скрещивания	Количество сеянцев, шт.	Выход сеянцев с прочностью (Н), %				
		< 3,0	3,0–5,0	5,1–7,0	7,1–9,0	> 9,0
2023 г.						
9-113-1 × Салют	60	–	25,0	41,6	22,2	11,2
Подарок Кашину × 1-16-11	56	–	21,4	71,4	7,2	–
Атлант × Комсомольская Правда	46	–	34,8	52,2	13,0	–
Комсомольская Правда × 44-154-2	82	4,9	31,7	48,8	14,6	–
1-60-1 × Комсомольская Правда	70	7,2	57,1	35,7	–	–
2024 г.						
Атлант × 11-165-10	48	–	25,0	54,2	12,4	8,4
11-165-10 × 1-60-1	68	–	11,8	61,8	23,5	2,9
Салют × Медвежонок	70	14,7	44,1	26,5	8,8	5,9
Комсомольская Правда × Карамелька	63	4,8	28,6	58,7	7,9	–
1-60-1 × 9-155-1	64	–	21,9	50,0	18,8	9,3

Селекционный интерес представляют семьи, в которых выщепляются сеянцы с прочными ягодами. Такие гибриды наблюдались во всех изученных комбинациях, за исключением 1-60-1 × × Комсомольская Правда. Выход сеянцев с прочными плодами варьировал от 7,2 до 23,5 %. В ряде семей выделены гибриды с очень прочными плодами: 9-113-1 × Салют (11,2 %), Атлант × × 11-165-10 (8,4 %), 11-165-10 × 1-60-1 (2,9 %), Салют × Медвежонок (5,9 %), 1-60-1 × 9-155-1 (9,3 %).

Расчет степени доминантности (*D*) подтвердил сложность в передаче потомству высокой прочности плодов. В большинстве комбинаций скрещиваний наблюдалась депрессия в передаче потомству прочности ягод (табл. 3). Лишь в семьях Подарок Кашину × 1-16-11, Комсомольская Правда × Карамелька, 1-60-1 × 9-155-1 отмечалось уклонение в сторону худшего родителя (*D* = = –0,37…–0,50).

Таблица 3. **Наследование прочности плодов в гибридном потомстве ремонтантной малины**

Комбинации скрещивания	Прочность плодов исходных форм, Н		Средняя прочность по семье, Н	*D*	Тч, %
	♀	♂			
2023 г.					
9-113-1 × Салют	7,2	7,3	6,4	–1,66	25,0
Подарок Кашину × 1-16-11	7,0	5,1	5,7	–0,37	7,2
Атлант × Комсомольская Правда	8,0	6,2	5,6	–1,66	4,3
Комсомольская Правда × 44-154-2	6,2	8,9	5,3	–1,60	0
1-60-1 × Комсомольская Правда	7,8	6,2	4,7	–2,88	0
2024 г.					
Атлант × 11-165-10	7,7	9,2	6,0	–3,26	4,2
11-165-10 × 1-60-1	9,2	8,8	6,2	–14,00	0
Салют × Медвежонок	8,1	7,4	5,1	–7,57	11,7
Комсомольская Правда × Карамелька	5,1	6,3	5,4	–0,50	22,2
1-60-1 × 9-155-1	8,8	5,5	6,5	–0,39	9,3

Вместе с тем в большинстве семей выделено от 4,2 до 25,0 % сеянцев, превышающих по изучаемому показателю лучшего родителя. Наибольшее их количество выделено в семье 9-113-1 × × Салют, причем прочность плодов этих гибридов составила 7,5–9,2 Н. В семье Комсомольская Правда × Карамелька, несмотря на большой выход трансгрессивных сеянцев (22,2 %), доля прочноягодных гибридов составила 7,9 %, так как родительские формы не отличались высокими значениями изучаемого показателя.

В селекции на высокую прочность ягод заслуживают внимания комбинации скрещиваний Атлант × 11-165-10, Салют × Медвежонок и 1-60-1 × 9-155-1. В гибридном потомстве этих семей выделены от 1 до 3 сеянцев с усилием на раздавливание ягод более 10,1–10,5 Н. Такой уровень прочности плодов обеспечивает высокое качество урожая при любом способе уборки и транспортировке на большие расстояния, при этом не ухудшается консистенция ягод.

ВЫВОДЫ

Среди изученных ремонтантных сортов и форм малины наиболее прочными ягодами отличаются сорта Атлант, Медвежонок, Салют и отборные формы 44-154-2, 1-60-1, 9-113-1, 11-165-10. Уровень прочности их ягод соответствует оптимальному значению признака, обеспечивающему пригодность этих форм для механизированной уборки урожая даже в неблагоприятные сезоны.

Оптимальное значение коэффициента относительной прочности ягод (0,91–0,93) отмечено у сортов Атлант, Карамелька, Поклон Казакову, Жар-птица, Евразия, Медвежонок, Салют, Brice, Sugana и формы 11-165-10.

Наиболее перспективными семьями в селекции на повышенную прочность ягод являются Атлант × 11-165-10, Салют × Медвежонок, 1-60-1 × 9-155-1, 9-113-1 × Салют, 11-165-10 × 1-60-1.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. FAOSTAT. – URL: https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL (дата обращения: 18.09.2024).

2. Raspberry fresh fruit quality as affected by pectin-and alginate-based edible coatings enriched with essential oils / A. C. Guerreiro, C. M. Gago, M. L. Faleiro [et al.] // Scientia Horticulturae. – 2015. – № 194. – P. 138–146.

3. Relationship between endogenous ethylene production and firmness during the ripening and cold storage of raspberry (*Rubus idaeus* 'Heritage') fruit / L. Monsalve, M. Bernales, A. Ayala-Raso [et al.] // Horticulturae. – 2022. – Vol. 8, № 3. – P. 262. – DOI: 10.3390/horticulturae8030262.

4. Temporal sequence of cell wall disassembly events in developing fruits. Analysis of raspberry (*Rubus idaeus*) / A. R. Vicente, C. Ortugno, A. L. Powell [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2007. – Vol. 55, № 10. – P. 4119–4124. – DOI: 10.1021/jf063547r.

5. Palonen, P. Fruit color stability, anthocyanin content, and shelf life were not correlated with ethylene production rate in five primocane raspberry genotypes / P. Palonen, C. Weber // Scientia Horticulturae. – 2019. – Vol. 247. – P. 9–16. – DOI: 10.1016/j.scienta.2018.11.088.

6. Евдокименко, С. Н. Современное состояние и перспективы селекции малины / С. Н. Евдокименко, М. А. Подгаецкий // Садоводство и виноградарство. – 2022. – № 4. – С. 5–15.

7. Day, E. Mechanical harvesting of soft fruit / E. Day // The Agricultural Engineer. – 1981. – P. 45–47.

8. Исайкина, Л. Д. Оценка сортов малины на устойчивость к язвенной пятнистости / Л. Д. Исайкина // Ягодоводство Нечерноземья : сб. науч. тр. / НИЗИСНП. – М., 1989. – С. 57–64.

9. Kempler, C. World raspberry production and marketing: industry changes and trends from 1960 to 2010 / C. Kempler, H. K. Hall // Raspberries / ed. by R. C. Funt, H. K. Hall. – Wallingford, 2013. – P. 213–233. – (Crop Production Science in Horticulture ; № 23).

10. Богомолова, Н. И. Оценка сортов малины по плотности ягод в связи с механизированной уборкой урожая / Н. И. Богомолова, М. В. Лупин, С. В. Резвякова // Вестник аграрной науки. – 2022. – Т. 2, № 95. – С. 5–11.

11. Евдокименко, С. Н. Поиск и создание родительских форм малины ремонтантного типа для совершенствования ее сортимента / С. Н. Евдокименко // Садоводство и виноградарство. – 2020. – № 1. – С. 10–16. – DOI: 10.31676/0235-2591-2020-1-10-16.

12. Подгаецкий, М. А. Прочность плодов исходных форм малины и наследование ее в потомстве / М. А. Подгаецкий // Садоводство и виноградарство. – 2019. – № 1. – С. 5–9. – DOI: 10.31676/0235-2591-2019-1-5-9.

13. Fruit firmness and fruit retention strength in raspberry cultivars in Chile / M. P. Bañados, J. P. Zoffoli, A. Soto [et al.] // Acta Horticulturae. – 2002. – Vol. 585. – P. 489–493. – DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.585.78.

14. Кичина, В. В. Селекция малины и ежевики / В. В. Кичина, И. В. Казаков, Л. А. Грюнер // Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: Л. В. Баянова [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова. – Орёл, 1995. – С. 368–386.

15. Казаков, И. В. Малина, ежевика и их гибриды / И. В. Казаков, Л. А. Грюнер, В. В. Кичина // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: Е. Н. Джигадло [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл, 1999. – С. 374–395.

16. Патент RU 140314 U1, МПК A01D 46/24 (2006.01). Прибор для определения усилия отрыва ягод : № 2013146303/13 : заявлено : 16.10.2013 : опубл. : 10.05.2014 / Будко С. И., Даньшина О. В., Сазонов Ф. Ф. ; патентообладатель Брян. гос. с.-х. акад. – 5 с.

17. Утков, Ю. А. Изучение пригодности сортов к машинной уборке урожая / Ю. А. Утков, Ю. Ф. Якименко, А. Г. Гурин // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: Е. Н. Джигадло [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл, 1999. – С. 184–186.

POTENTIAL FOR IMPROVING FRUIT FIRMNESS IN REMONTANT RASPBERRY

S. N. EVDOKIMENKO, V. I. GUBOGLO

Abstract

The aim of this study was to evaluate the potential for developing remontant raspberry genotypes with fruit firmness exceeding that of the best modern cultivars, and to identify promising parental combinations. The physico-mechanical properties of raspberry fruits were studied during 2022–2024. The plant material included 19 remontant raspberry cultivars, 8 selected forms, and 10 hybrid combinations. Throughout the observation period, no genotypes were found with extremely soft fruits (< 3.0 N). Firm berries capable of withstanding crushing forces of 7.6–9.0 N were produced by the cultivars Atlant (st), Medvezhonok, Salyut, and selected forms No. 44-154-2, 1-60-1, 9-113-1, and 11-165-10. According to this criterion, these genotypes meet the requirements for suitability for mechanical harvesting and ensure high fruit quality during transportation and postharvest storage. Of breeding interest are families where seedlings with very firm fruits segregate. Such hybrids were observed in the following crosses: 9-113-1 × Salyut (11.2 %), Atlant × 11-165-10 (8.4 %), 11-165-10 × 1-60-1 (2.9 %), Salyut × × Medvezhonok (5.9 %), and 1-60-1 × 9-155-1 (9.3 %).

Keywords: remontant raspberry, breeding, cultivars, hybrid seedlings, fruit firmness, crushing force, relative firmness index.

Поступила в редакцию 07.04.2025

УДК 634.711:631.526.32:581.143.6(575.3)

АДАПТАЦИЯ *EX VITRO* РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ МАЛИНЫ СОРТА БАБЬЕ ЛЕТО ПОСЛЕ ДЕПОНИРОВАНИЯ*

Х. И. БОБОДЖАНОВА[1], О. А. ГАШЕНКО[2]

[1]Центр биотехнологии Таджикского национального университета,
пр. Рудаки, 17, г. Душанбе, 734025, Таджикистан,
e-mail: bobojankh_7@bk.ru
[2]РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты исследований по оценке адаптации *ex vitro* растений-регенерантов малины сорта Бабье лето, выполненных в 2019–2022 гг. на базе лабораторий Центра биотехнологии Таджикского национального университета. Исследования проведены в рамках темы «Биотехнология производства оздоровленного посадочного материала и создание базовых коллекций оздоровленных растений плодовых и ягодных культур» (№ ГР 0119TJ00971).

Дана оценка эффективности адаптации *ex vitro* растений-регенерантов малины сорта Бабье лето, размноженных и укорененных после 12 месяцев депонирования.

Показано, что по всем типам субстратов эффективность адаптации в среднем составляет 81,22 % и варьирует от 16,6 до 100 %. На субстрате БИОНА-111 и «биогрунт + песок» отмечена 100%-ная эффективность адаптации растений-регенерантов малины. Показано, что адаптированные растения-регенеранты малины сорта Бабье лето на адаптационных субстратах имеют хорошо развитую корневую систему, побеги и листовую массу. Существенная разница эффективности адаптации на стерильных и нестерильных субстратах не отмечена (биогрунт + песок (автоклавированный) – 95,8 %, биогрунт + песок – 100 %; биогрунт + перлит (автоклавированный) – 91,6 %, биогрунт + перлит – 83,3 %).

Ключевые слова: малина, растение-регенерант, субстрат, адаптация, *ex vitro*, Таджикистан.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленное выращивание ягодных культур с использованием методов клонального микроразмножения растений – потенциальный метод получения высококачественного посадочного материала в большом количестве в сжатые сроки. Размножение *in vitro* широко применяется в мировой практике для размножения растений ягодных культур, в частности сортов малины, земляники, голубики, клюквы, брусники и др. Заключительным и наиболее ответственным этапом клонального микроразмножения является адаптация размноженных растений к нестерильным условиям.

Эффективность адаптации растений в условиях *ex vitro* в значительной степени определяется правильным выбором питательного субстрата. В связи с рядом особенностей пробирочных растений, таких как слабое функционирование устьичного аппарата, отсутствие кутикулярного слоя и корневых волосков, могут наблюдаться значительные потери высаженного в субстрат материала, поэтому состав субстрата необходимо подбирать для каждого вида и сорта растений [1].

В процессе адаптации регенеранты, имеющие ряд анатомических и физиологических особенностей, испытывают состояние стресса, вызванное изменившимися параметрами среды (изменением температуры, освещения, влажности воздуха, действием патогенной микрофлоры и др.), что приводит к гибели части растений. Так, из-за отсутствия корневых волосков и несовершенной проводящей системы они не в состоянии обеспечить поглощение необходимого количества воды и элементов питания, чтобы компенсировать транспирацию и обеспечить дальнейший рост. Кроме того, растения не способны к эффективному фотосинтезу. Нередко после

* Авторы выражают благодарность М. Ш. Шокировой за участие в проведении экспериментальных исследований.

высадки микрорастений в субстрат наблюдается остановка роста, обезвоживание и опадение листьев [2–5]. Важными условиями успешной адаптации являются: создание высокой влажности для надземной части растений с последующим ее понижением; оптимальная интенсивность света, температура и состав субстрата. Ключевое значение имеет и качество адаптируемых регенерантов [4]. На сегодняшний день не существует универсальных технологий адаптации полученных микрорастений к нестерильным условиям, которые подходили бы ко всем растениям, определяли оптимальные условия влажности воздуха, субстрата, температуры и освещения. Разработка технологий укоренения *ex vitro*, то есть одновременного образования корней и адаптации в нестерильных условиях, позволит свести к минимуму потери растений-регенерантов, сократить сроки получения посадочного материала и повысить его качество. Исходя из этого, исследования по изучению особенностей роста и развития регенерантов в нестерильных условиях весьма актуальны и имеют как теоретическое, так и практическое значение [4].

Цель работы – определить потенциал адаптации к условиям *ex vitro* и развития растений малины сорта Бабье лето после депонирования в течение 12 месяцев.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являлся сорт малины Бабье лето. Микропобеги в культуре *in vitro* для проведения исследований предоставлены РУП «Институт плодоводства».

Бабье лето является ремонтантным сортом малины, полученным русским ученым И. В. Казаковым от скрещивания сортов малины Костинбродской и Новости Кузьмина. Куст среднерослый, слабораскидистый, побегообразовательная способность средняя, побеги пряморослые, сильно ветвящиеся, зона плодоношения превышает половину их длины. Однолетние побеги средней толщины, серо-коричневые, с восковым налетом, шиповатые. Шипы жесткие, тонкие, прямые, светло-пурпурные, расположены по всей длине побега. Листья средних размеров, почти плоские, зеленые. Ягоды среднего размера (масса – 2–3 г и до 4 г), округло-конические, ярко-красные, транспортабельные, хорошо отделяются от плодоложа, с неоднородными, но прочно сцепленными костянками. Ягоды кисло-сладкие с тонким малинным ароматом, пригодны для потребления в свежем виде и переработки [6].

Для культивирования растений малины использовали минеральный состав питательной среды Мурасиге и Скуга (MS) [7] с дополнениями, обеспечивающими размножение и ризогенез эксплантов [8, 9]. Культивирование изолированных тканей растений *in vitro* осуществляли в биологических пробирках 22 × 220 в светокультуральной комнате при температуре +22...+24 °С, влажности воздуха 70–80 %, фотопериоде 16/8 ч, освещенности 2,5–3,0 тыс. лк. Длительность субкультивирования составляла 4–5 недель.

Депонирование проводили после 6-го пассажа микроразмножения при температуре +8…+10 °С, без освещения, без пассажирования, в течение 12 месяцев. Питательная среда для депонирования содержала 1/2 макросолей, B_1 и B_6 – по 0,8 мг/л, никотиновую кислоту и 6-БАП – по 0,5 мг/л, аскорбиновую кислоту – 5 мг/л, сахарозу – 30 г/л. После депонирования растения размножали *in vitro* и укореняли на среде Мурасиге и Скуга (1/2 макросолей, микросоли, хелат железа – 10 мл/л; B_1, B_6, PP, C – по 0,5 мл/л, сахароза – 30 г/л, агар-агар – 6 г/л, ИМК – до 0,5 мг/л).

Стерильные растения вынимали из пробирок, проводили обработку слабым раствором марганцовокислого калия и высаживали в наполненные предварительно увлажненным субстратом минипарники для рассады с прозрачной крышкой. Для высадки на адаптацию использовали растения, имеющие корневую систему из 3–4 корней длиной не менее 2 см, с 4–5 листьями.

Адаптацию проводили в два этапа. Для первого этапа адаптации растений-регенерантов малины *ex vitro* использовали разные субстраты и смеси (табл. 1).

Адаптацию растений производили в условиях культуральной комнаты при освещенности 2,5–3,0 тыс. лк, температуре +21...+23 °С, влажности воздуха 70–80 % и фотопериоде 16/8 ч. Ежедневно осуществляли опрыскивание растений и полив водой по мере необходимости. Период адаптации – 30 дней, после чего адаптированные растения пересаживали в отдельные горшки.

Таблица 1. **Варианты состава адаптационных субстратов**

Вариант опыта	Вид субстрата	Соотношение компонентов
1-й	Биогрунт + песок (автоклавированный)	2 : 1
2-й	Биогрунт + песок	2 : 1
3-й	Биогрунт + перлит (автоклавированный)	2 : 1
4-й	Биогрунт + перлит	2 : 1
5-й	БИОНА-111	–
6-й	Перлит	–

Успешность первого этапа адаптации растений малины оценивали по следующим показателям: доля адаптированных растений-регенерантов, %; длина побега, см; количество корней, шт.; средняя длина корней, см.

Второй этап адаптации (постадаптации) проводили на смеси «биогрунт + песок». Адаптированные на первом этапе растения малины ремонтантной по мере роста рассаживали в емкости объемом 0,5 л со свежим субстратом (биогрунт + песок – 2 : 1), длительность постадаптации – 35–45 дней.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Максимальная (100 %) результативность адаптации растений-регенерантов малины сорта Бабье лето отмечена на адаптационной смеси «биогрунт + песок» (автоклавированный – 95,8 %, неавтоклавированный – 100 %) и БИОНА-111 (100 %) (табл. 2).

Таблица 2. **Результативность адаптации *ex vitro* растений-регенерантов малины сорта Бабье лето**

Вариант опыта	Количество растений-регенерантов				
	высажено	некротизировано		адаптировано	
	шт.	шт.	%	шт.	%
1-й: биогрунт + песок (автоклавированный)	24	1	4,2	23	95,8
2-й: биогрунт + песок	24	–	–	24	100
3-й: биогрунт + перлит (автоклавированный)	24	2	8,3	22	91,6
4-й: биогрунт + перлит	24	4	16,6	20	83,3
5-й: БИОНА-111	24	–	–	24	100
6-й: перлит	20	16	66,6	4	16,6

Выход адаптированных растений на субстрате «перлит» составил 16,6 %. Также наблюдаются случаи остановки роста растений, опадение литьев и гибель растений на данном субстрате.

Адаптированные растения-регенеранты имели хорошее развитие корневой системы, побегов и листьев (рис. 1, табл. 3). Среднее значение количества корней варьирует от (3,0 ± 0,2) шт. (адаптационный субстрат – биогрунт + перлит) до (4,7 ± 0,3) шт. (адаптационный субстрат – биогрунт + + песок). Среднее значение длины корней также варьирует от (3,3 ± 0,8) см (адаптационный субстрат – перлит) до (5,3 ± 0,5) см (адаптационный субстрат – БИОНА-111).

Таблица 3. **Среднее значение морфофизиологических показателей адаптированных растений малины сорта Бабье лето**

Вариант опыта	Морфофизиологические показатели (n = 20)				
	Среднее количество побегов	Средняя длина побегов	Среднее количество листьев	Средняя длина корней	Среднее количество корней
	шт.	см	шт.	см	шт.
1-й	1,25 ± 0,10	6,0 ± 0,2	9,4 ± 0,5	4,5 ± 0,4	4,5 ± 0,3
2-й	1,25 ± 0,10	5,9 ± 0,3	9,0 ± 0,4	4,1 ± 0,3	4,7 ± 0,3
3-й	1,10 ± 0,10	5,6 ± 0,2	8,2 ± 0,5	4,6 ± 0,4	3,3 ± 0,2
4-й	1,10 ± 0,10	5,4 ± 0,2	6,7 ± 0,4	3,4 ± 0,2	3,0 ± 0,2
5-й	1,15 ± 0,20	4,2 ± 0,2	6,8 ± 0,6	5,3 ± 0,5	3,5 ± 0,2
6-й (n = 4)	1,00 ± 0,00	3,5 ± 0,3	5,0 ± 1,1	3,3 ± 0,8	4,0 ± 0,4

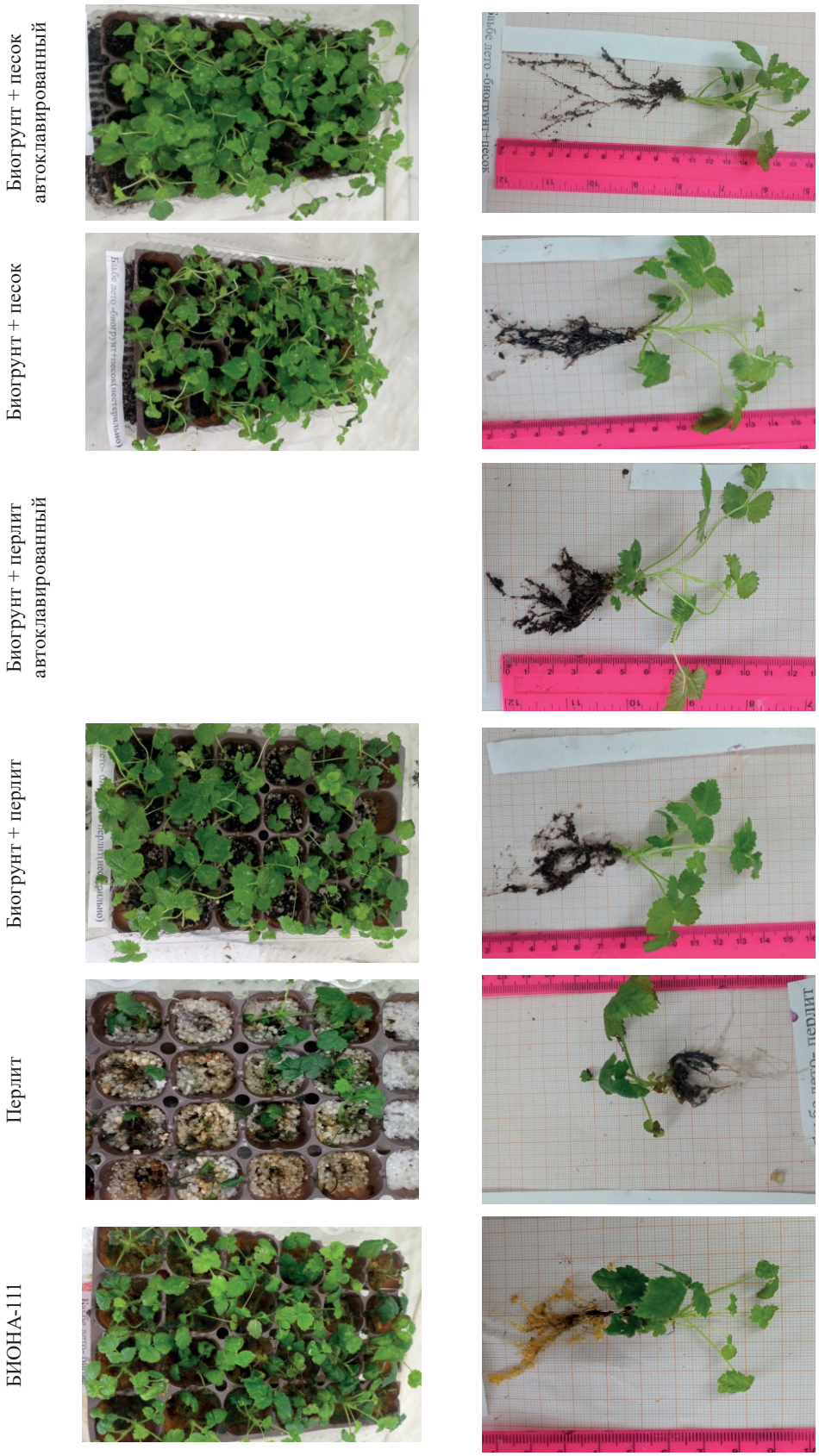


Рис. 1. Растения-регенеранты малины сорта Бабье лето через 30 дней на первом этапе адаптации

Адаптированные растения-регенеранты малины сорта Бабье лето были пересажены на смесь «биогрунт + песок» (соотношение 2 : 1) в емкости больших размеров. Всего высажено 117 растений, из которых адаптировались 74 шт. (63,3 %) (рис. 2).

а *б*

Рис. 2. Растения-регенеранты малины сорта Бабье лето: *а* – на втором этапе адаптации через 60 дней после высадки в субстрат «биогрунт + песок» (2 : 1); *б* – перед высадкой в открытый грунт

Для растений-регенерантов, прошедших этап постадаптации, характерно хорошее развитие корневой системы и наземной части (длина побега – (8,0 ± 0,42) см, количество побегов – (1,2 ± ± 0,2) шт., количество листьев – (20,1 ± 2,5) шт., количество корней – (2,5 ± 0,3) шт., длина корней – (11,0 ± 0,9) см).

Адаптацию растений-регенерантов малины проводили в контролируемых условиях светокультуральной комнаты в летний период. Затем адаптированные растения в количестве 65 шт. переданы для размножения на приусадебном участке К. М. Шерова (рис. 3).

Рис. 3. Адаптированные растения-регенеранты малины сорта Бабье лето в открытом грунте на участке К. М. Шерова, район Рудаки, Махаллинский совет Рохаты, кишлак Тепаи Самарканди (2022 г.)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показана высокая эффективность адаптации растений-регенерантов малины сорта Бабье лето как на смесях «биогрунт + песок» (автоклавированный) – 95,8 %, «биогрунт + песок» – 100 %, «биогрунт + перлит» (автоклавированный) – 91,6 %, «биогрунт + перлит» – 83,3 %, так и на чистом субстрате БИОНА-111 – 100 %. Субстрат «перлит» оказался непригодным, так как выход адаптируемых растений составил 16,6 %.

На втором этапе адаптации растений-регенерантов малины сорта Бабье лето рекомендуется использовать в качестве адаптационного субстрата смесь «биогрунт + песок» 2 : 1.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рундя, А. П. Особенности адаптации ремонтантной малины в условиях *ex vitro* / А. П. Рундя // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1 (54). – С. 223–230.

2. Pierik, R. L. M. *In vitro* culture of higher plants / R. L. M. Pierik. – Dordrecht [etc.] : Martinus Nijhoff Publishers, 1987. – 344 p.

3. Митина, А. А. Изучение развития и вопросов адаптации сортов сирени обыкновенной, полученных *in vitro*, в нестерильных условиях / А. А. Митина, О. Е. Ханбабаева // Вестник ландшафтной архитектуры. – 2014. – Вып. 4. – С. 75–78.

4. Шакина, Т. Н. Опыт адаптации растений-регенерантов к условиям *ex vitro* некоторых декоративных и плодово-ягодных культур в Учебно-научном центре «Ботанический сад» Саратовского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского / Т. Н. Шакина // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2020. – Т. 19, № 1. – С. 315–320.

5. Деменко, В. И. Адаптация растений, полученных *in vitro*, к нестерильным условиям / В. И. Деменко, В. А. Лебедев // Известия ТСХА. – 2011. – Вып. 1. – С. 60–70.

6. Казаков, И. В. Ремонтантная малина в России / И. В. Казаков, А. И. Сидельников, В. В. Степанов. – Изд. 3-е, с изм. и доп. – Челябинск : Науч.-произв. об-ние «Сад и огород» : Челяб. Дом печати, 2010. – 136 с.

7. Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bio assay with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // Physiologia Plantarum. – 1962. – Vol. 15, iss 3. – P. 473–497.

8. Шокирова, М. Ш. Длительное хранение малины в условиях *in vitro* / М. Ш. Шокирова, Х. И. Бободжанова, Н. В. Кухарчик // Экологические особенности биологического разнообразия : материалы IX Междунар. науч. конф., г. Куляб Хатлонской обл., 7–8 окт. 2021 г. – Таджикистан, 2021. – С. 127–128.

9. Шокирова, М. Ш. Ризогенез микропобегов малины после депонирования *in vitro* при низких положительных температурах / М. Ш. Шокирова, Х. И. Бободжанова, Н. В. Кухарчик // Плодоводство Беларуси: от традиций к инновациям : материалы Междунар. науч. конф., Самохваловичи, 18–19 авг. 2022 г. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – С. 42–46.

EX VITRO ADAPTATION OF RASPBERRY REGENERANT PLANTS OF THE BABYE LETO CULTIVAR AFTER STORAG

Kh. I. BOBODZHANOVA, O. A. GASHENKO

Abstract

The paper presents the results of studies evaluating the *ex vitro* adaptation of raspberry regenerant plants of the Babye Leto cultivar, conducted during 2019–2022 at the laboratories of the Biotechnology Center of Tajik National University. The research was carried out within the framework of the project 'Biotechnology for the production of pathogen-free planting material and the creation of basic collections of sanitized fruit and berry crops' (State Registration No. 0119TJ00971).

The efficiency of *ex vitro* adaptation of raspberry regenerant plants of the Babye Leto cultivar, propagated and rooted after 12 months of storage, was assessed.

It was shown that across all substrate types, the average adaptation efficiency was 81.22 %, ranging from 16.6 % to 100 %. On BIONA-111 substrate and bio-soil : sand mixtures, a 100 % adaptation efficiency of raspberry regenerant plants was observed. The study demonstrated that the adapted regenerant plants of the Babye Leto raspberry cultivar developed a well-formed root system, shoots, and leaf mass on the adaptation substrates. No significant differences were noted in adaptation efficiency between sterile and non-sterile substrates (bio-soil + sand (autoclaved) – 95.8 % and bio-soil + sand – 100 %; bio-soil + perlite (autoclaved) – 91.6 % and bio-soil + perlite – 83.3 %).

Keywords: raspberry, regenerant plant, substrate, adaptation, *ex vitro*, Tajikistan.

Поступила в редакцию 07.03.2025

УДК 634.723.1:631.52:632.7:595.429.2(470.333)

СЕЛЕКЦИЯ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К *CECIDOPHYOPSIS RIBIS* В УСЛОВИЯХ ЮГО-ЗАПАДА НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ РОССИИ*

Ф. Ф. САЗОНОВ

ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», ул. Загорьевская, 4, г. Москва, 115598, Россия,
e-mail: sazon-f@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты оценки генетической коллекции смородины черной и гибридного фонда ФГБНУ ФНЦ Садоводства по устойчивости к почковому клещу. Исследования проведены в условиях юго-запада Нечерноземной зоны России (Брянская обл.) в 2016–2023 гг. Объектами исследований являлись 107 сортов различного генетического происхождения, 30 из которых иностранной селекции, и около 17 500 сеянцев. В результате проведенных исследований выделены генетические источники и доноры устойчивости к почковому клещу (Бармалей, Дар Смольяниновой, Кипиана, Свитязянка, Черноокая, Чудное мгновение, Ben Hope, Big Ben и др.). Установлены перспективные комбинации скрещиваний по выходу устойчивых к *Cecidophyopsis ribis* сеянцев: Ben Hope × Кипиана, Ben Hope × Дар Смольяниновой, Кипиана × Дар Смольяниновой, Бармалей × Дар Смольяниновой, Лукоморье × × Дар Смольяниновой, Чернавка × Дар Смольяниновой, Ben Tirran × Кипиана, 9-28-1/02 × Брянский агат, Мрия × × Партизанка брянская, Дар Смольяниновой × Прима, Прима × Кипиана. В потомстве этих семей выделены отборные формы (3-16-1, 3-63-01, 3-63-02, 4-49-03, 9-197-3), совмещающие устойчивость к почковому клещу с крупноплодностью и толерантностью к грибным болезням.

Ключевые слова: смородина черная, сорт, смородинный почковый клещ, устойчивость.

ВВЕДЕНИЕ

Современный опыт доказывает, что селекционный поиск, направленный на создание новых высокоадаптированных форм, отличающихся повышенной устойчивостью к экологическим стрессорам, – наиболее радикальное решение проблемы защиты растений от опасных фитопатогенов и фитофагов [1, 2]. Смородинный почковый клещ (*Cecidophyopsis ribis* Westw.) является одним из самых вредоносных и малоуязвимых вредителей на участках смородины черной. Заражение происходит во время миграции, главным образом в период цветения и позже в период вегетации, а также с зараженным посадочным материалом [3, 4]. Симптомы проявления почкового клеща усиливаются с возрастом растений, это связано с накоплением вредителей [5]. Вопросы поиска и создания доноров устойчивости к смородинному почковому клещу, выявления механизмов устойчивости и селекция на иммунитет к этому фитофагу включены в отечественные и зарубежные селекционные программы [6, 7].

К настоящему времени идентифицировано два гена устойчивости к *C. ribis*: ген *P* от производных сибирского подвида смородины черной и ген *Ce*, переданный смородине клейкой от крыжовника (*Ribes uva-crispa*) [8, 9]. В России часто в качестве источника устойчивости к почковому клещу использовали сибирский подвид смородины черной (*R. nigrum* var. *sibiricum*) [10]. Определенные успехи достигнуты путем использования в скрещиваниях устойчивых к клещу дикорастущих видов: *R. glutinosum* Benth., *R. ussuriense* Jancz., *R. pauciflorum* Turcz. ex Pojark. и *R. cereum* Dougl. – либо использования комплексного иммунитета смородинно-крыжовниковых гибридов [8, 11, 12]. Смородина кроваво-красная (*R. sanguineum* Pursh.), родственный вид смородины клейкой, потенциально интересна для селекции на устойчивость к почковому клещу, так как не поражается *C. ribis* [13].

* Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания ФГБНУ ФНЦ Садоводства № 0432-2021-0001 «Генетические и биотехнологические подходы управления селекционным процессом, совершенствование существующих методов селекции для конструирования новых генетических модификаций плодовых, ягодных, овощных и полевых культур, отвечающих современным требованиям сельскохозяйственного производства».

Поскольку борьба с почковым клещом затруднена и малоэффективна, в ФГБНУ ФНЦ Садоводства была поставлена задача как можно полнее объединить в гибридном потомстве положительные хозяйственно-биологические признаки ранее созданных сортов с устойчивостью к фитофагу [14].

Цель исследований – изучив генетическую коллекцию Кокинского ОП ФГБНУ ФНЦ Садоводства и гибридный фонд смородины черной по устойчивости к почковому клещу, отобрать лучшие исходные формы и наиболее перспективные комбинации скрещиваний по выходу устойчивого потомства.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению степени повреждения почковым клещом и поражения реверсией проводили на опытных участках Кокинского ОП ФГБНУ ФНЦ Садоводства (Брянская обл.). Объектами исследований являлись около 17 500 сеянцев 2016–2019 гг. посадки, 107 сортов различного генетического происхождения, 30 из которых иностранной селекции. Для оценки степени распространения смородинного почкового клеща при проведении полевых учетов руководствовались положениями методики по сортоизучению плодовых, ягодных и орехоплодных культур [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В опытных насаждениях смородины черной ежегодно весной в период цветения были отмечены почки с признаками повреждения почковым (галловым) клещом. За последнее десятилетие наибольшее распространение смородинного почкового клеща в условиях Брянской области отмечено весной 2017, 2020, 2023 и 2024 гг. Установлено, что в коллекционных насаждениях 7–8-летнего возраста лишь у 24,3 % изученных сортов растения были без признаков повреждения фитофагом. К числу устойчивых к почковому клещу, без визуального проявления симптомов повреждения растений, относятся сорта Амирани, Бармалей, Глариоза, Дар Смольяниновой, Диамант, Золото инков, Кармелита, Кипиана, Кудесник, Купалинка, Миф, Німфа, Подарок ветеранам, Няня, Свитязянка, Сенсей, Трилена, Чародей, Фаворит, Черноокая, Чудное мгновение, Ben Gairn, Ben Hope, Big Ben, Black Magic Carbon, Bona, Tisel (табл. 1).

Таблица 1. **Оценка смородины черной по устойчивости к *Cecidophyopsis ribis* в сезоны наибольшего его распространения (2017, 2020 и 2023 гг.)**

Группировка сортов по повреждению смородинным почковым клещом		
	0 баллов	Амирани, Бармалей, Глариоза, Дар Смольяниновой, Диамант, Золото инков, Кармелита, Кипиана, Кудесник, Купалинка, Німфа, Няня, Подарок ветеранам, Свитязянка, Сенсей, Трилена, Фаворит, Чародей, Черноокая, Чудное мгновение, Ben Gairn, Ben Hope, Big Ben, Black Magic Carbon, Bona, Tisel
	1 балл	Ажурная, Аметист, Арапка, Белорусочка, Брянский Агат, Вера, Вернисаж, Гамаюн, Дабрадзея, Дачница, Диво Звягиной, Изумрудное ожерелье, Изюмная, Искушение, Исток, Казкова, Каскад, Лидер, Лукоморье, Мавлади, Маленький принц, Миф, Мрія-3, Надина, Орловия, Орловский вальс, Очарование, Подарок Астахова, Рагнеда, Рита, Стрелец, Сударушка, Услада, Фортуна, Черешнева, Чернавка, Шалунья, Шаровидная, Этюд, Ben Alder, Ben Sarek, Ben Tirran, Black Magic, Tiben, Triton
	2 балла	Гамма, Дебрянск, Добрыня, Заглядение, Клуссоновская, Лентяй, Машенька, Мрія-5, Орловская серенада, Партизанка брянская, Перун, Пигмей, Севчанка, Селеченская-2, Снежная королева, Софіївська, Соловьиная ночь, Тамерлан
	3 балла	Аннади, Багира, Вымпел, Галактика, Деликатес, Зелёная дымка, Кудмиг, Литвиновская, Мрія, Нежданчик
	4 балла	Гулливер, Дебют, Памяти Равкина, Селеченская, Ядрёная
	5 баллов	Нара, Сластёна, Ювілейна Копаня

Большинство сортов в генетической коллекции оказались восприимчивы к вредителю. В годы, когда погодные условия складываются благоприятно для распространения почкового клеща, у 42,1 % сортов в коллекционных насаждениях отмечены симптомы поражения кле-

щом на уровне 1 балла, что уже ведет к снижению продуктивности растений. Лишь около 7,5 % сортов в годы максимального распространения вредителя были с повреждением 4–5 баллов: Гулливер, Дебют, Нара, Памяти Равкина, Селеченская, Сластёна, Ядрёная, Ювілейна Копаня.

Симптомы проявления почкового клеща усиливаются с возрастом растений, это связано с накоплением вредителей, что отмечают и другие исследователи [3]. У отдельных сортов (Гулливер, Загляденье, Памяти Равкина, Сластёна, Ядрёная) признаки повреждения, как правило, проявляются только к 6–7-летнему возрасту. У сортов Нара, Triton, Галактика, Литвиновская, Партизанка брянская, Мрія-5 и Дебют уже на 3-летних саженцах отмечены признаки повреждения клещом.

Оценка степени распространения почкового клеща весной 2024 г. на коллекционных участках 2018–2021 гг. посадки показала, что в большей степени от фитофага пострадали растения сортов Гулливер, Дебют, Мрия-5, Селеченская, где повреждения составили 4–5 баллов (табл. 2).

Таблица 2. **Степень повреждения смородинным почковым клещом (весна 2024 г.)**

Группировка сортов по повреждению смородинным почковым клещом		
	0 баллов	Амирани, Белорусочка, Глариоза, Диамант, Золото Инков, Изюмная, Исток, Кармелита, Кипиана, Машенька, Нимфа, Няня, Подарок Ветеранам, Севчанка, Снежная Королева, Татьянин День, Шалунья, Ben Hope, Black Magic
	1 балл	Аметист, Багира, Бармалей, Брянский Агат, Вера, Дар Смольяниновой, Казкова, Каскад, Клуссоновская, Кудесник, Купалинка, Литвиновская, Миф, Надина, Нежданчик, Орловия, Пигмей, Рита, Софиевская, Стрелец, Трилена, Фаворит, Чернавка, Черный Бумер, Шаман, Этюд, Ядреная, Ben Sarek, Tiben, Tisel
	2 балла	Аннади, Вернисаж, Гамаюн, Дебрянск, Деликатес, Лентяй, Лукоморье, Маленький Принц, Мрия, Мрия-3, Орловская Серенада, Партизанка брянская, Селеченская-2, Тамерлан, Фортуна, Чародей, Черешнева, Ben Alder, Ben Tirran, Black Magic Carbon
	3 балла	Галактика, Нара, Сенсей, Big Ben, Triton
	4 балла	Дебют, Мрия-5
	5 баллов	Гулливер, Селеченская

Успех любой селекционной программы в значительной степени определяется наличием и выбором нужного исходного материала. В наших исследованиях при создании гибридного фонда в скрещиваниях активно задействованы сорта, характеризующиеся комплексом положительных хозяйственных качеств (крупноплодность, устойчивость к грибным болезням, десертный вкус и др.), – Литвиновская, Брянский агат, Селеченская-2, Изюмная, Черешнева и др. В селекции на устойчивость к почковому клещу в ФГБНУ ФНЦ Садоводства в настоящее время привлечены генотипы, невосприимчивые к этому фитофагу. Нами установлено, что высокую полевую устойчивость, на уровне иммунитета, проявляют такие сорта, как Чудное мгновение (производный *R. multiflorum* Kit. ex Schult., *R. nigrum* L. var. *europaeum* Jancz., *R. nigrum* L. var. *sibiricum* W. Wolf, *R. nigrum* L. var. *scandinavicum* hort., *R. dikuscha* Fisch. ex Turcz.), Кипиана (*R. sanguineum* Pursh var. *glutinosum* Benth., *R. nigrum* L. var. *europaeum* Jancz., *R. nigrum* L. var. *sibiricum* W. Wolf, *R. nigrum* L. var. *scandinavicum* hort., *R. dikuscha* Fisch. ex Turcz., *R. uva-crispa* L.), созданные в ФГБНУ ВНИИСПК, и сорт селекции ВНИИ люпина – Дар Смольяниновой (*R. nigrum* L. var. *europaeum* Jancz., *R. dikuscha* Fisch. ex Turcz.). Также в скрещиваниях был активно задействован интродуцированный сорт Ben Hope (*R. nigrum* L. var. *europaeum* Jancz., с геном *Ce* от *R. uva-crispa* L.) селекции института Джеймса Хаттона в Инвергоури, Данди (Великобритания).

Гибридологический анализ был проведен на сеянцах, полученных от гибридизации и само- и свободного опыления в 2016 г. В первые два года после посадки гибридных сеянцев симптомы проявления смородинного почкового клеща практически отсутствовали. Как и в коллекционных насаждениях, на гибридах с возрастом растений эпизоотия фитофага усиливалась. Анализ наследования признака невосприимчивости к клещу показал возможность отбора через 2–3 года после высадки сеянцев на опытный участок. Невосприимчивые гибриды в разном соотношении были отобраны во всех гибридных семьях.

В результате проведенных серий скрещиваний создан гибридный фонд, в котором к 7-летнему возрасту (в 2023 г.) была незначительная доля сильно поврежденных сеянцев (до 4 баллов) (табл. 3). Сеянцев с максимальным повреждением клещом (до 5 баллов) не обнаружено. Вовлечение в скрещивания устойчивых сортов Чудное мгновение, Кипиана, Ben Hope, Свитязянка, Фаворит, Дар Смольяниновой и отборных форм 7-79-4 (Экзотика × Гамаюн) и 1-5-1 (Гамаюн × × Нара) с восприимчивыми генотипами привело к широкому диапазону расщепления потомства по уровню устойчивости к фитофагу. Так, в семье Свитязянка × Селеченская-2, где материнская форма отличается высокой полевой устойчивостью к клещу, а отцовская проявляет повреждения почек до 2 баллов, отобрано лишь 49,0 % устойчивых сеянцев. В результате включения в скрещивания восприимчивого сорта Селеченская-2 в потомстве этой семьи отмечено до 14,3 % сеянцев с повреждением почек 4 балла, 12,2 % – 3 балла, 6,1 % – 2 балла и 18,4 % – 1 балл соответственно.

Таблица 3. **Расщепление гибридного потомства смородины черной по устойчивости к смородинному почковому клещу**

Комбинации скрещиваний	Отмечено сеянцев с баллом повреждения *Cecidophyopsis ribis*, %				
	0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла
Кипиана × Прима	94,3	5,7	0	0	0
Селеченская-2 × Дар Смольяниновой	85,1	10,6	4,3	0	0
Ben Hope × Литвиновская	88,5	11,5	0	0	0
Ben Tirran × Литвиновская	73,9	19,6	6,5	0	0
Галактика × Литвиновская	82,2	17,8	0	0	0
72-03-5 × Ben Hope	85,2	7,4	7,4	0	0
Рагнеда × Селеченская-2	63,6	18,2	13,6	4,6	0
Свитязянка × Селеченская-2	49,0	18,4	6,1	12,2	14,3
Ben Sarek × Селеченская-2	64,2	26,4	9,4	0	0
1-5-1 × Кипиана	97,0	3,0	0	0	0
Прима × Брянский агат	93,0	7,0	0	0	0
7-79-4 × Дар Смольяниновой	92,2	5,9	1,9	0	0
Черешнева × Фаворит	64,1	23,1	12,8	0	0
Брянский агат × Литвиновская	63,4	21,9	9,8	4,9	0
Добрыня × Изюмная	45,0	27,5	20,0	5,0	2,5
Дар Смольяниновой I_1	100	0	0	0	0
Рита I_1	100	0	0	0	0
Triton I_1	100	0	0	0	0
Ben Sarek I_1	91,5	8,5	0	0	0
Стрелец I_1	70,5	20,7	18,8	0	0
Соловьиная ночь I_1	60,5	39,5	0	0	0

Оценка инбредных популяций от разных по устойчивости к почковому клещу сортов позволила выделить перспективные исходные материнские формы (сорта Дар Смольяниновой, Рита, Triton), характеризующиеся 100%-ным выходом высокоустойчивого потомства.

Несмотря на широкую генетическую основу устойчивого сорта Ben Hope, при скрещивании его с восприимчивым до 1 балла крупноплодным отбором 72-03-5 (Орловия × Нара) в потомстве отмечено до 14,8 % сеянцев с повреждением 1 и 2 балла. В комбинации скрещиваний Ben Hope × × Литвиновская, где отцовская форма восприимчива до 3 баллов, большинство гибридов (88,5 %) не имели признаков повреждения клещом и лишь 11,5 % сеянцев были с повреждением 1 балл. Среди изученных генотипов, отобранных из этой семьи за высокую полевую устойчивость к клещу, лучшей была отборная форма 1-64-2, отличающаяся пряморослым габитусом куста, как у обоих родителей, и десертным вкусом ягод.

При изучении потомства в гибридных семьях Добрыня × Изюмная и Рагнеда × Селеченская-2, где обе родительские формы были неустойчивы к почковому клещу, уже на третий год после посадки с признаками повреждения отмечена бóльшая часть сеянцев. В связи с накоплением численности вредителя на седьмой год роста растений (2023 г.) доля устойчивых генотипов снизи-

лась. Так, в семье Добрыня × Изюмная 7,5 % сеянцев были с повреждением 3–4 балла и лишь 45,0 % гибридов были устойчивы к вредителю.

Установлено, что даже в случае скрещивания двух восприимчивых родительских форм возможен отбор устойчивого потомства, что связано с широкой генетической основой генотипов. Так, например, в комбинациях Ben Sarek × Селеченская-2, Ben Tirran × Литвиновская, Галактика × × Литвиновская выделено 64,2, 73,9 и 82,2 % соответственно устойчивых к клещу сеянцев. В семье Ben Tirran × Литвиновская отобрана устойчивая высокопродуктивная форма 4-49-03, формирующая до двух кистей на узел, 10 ягод в кисти, отличающаяся устойчивостью к почковому клещу, мучнистой росе и септориозу. Отбор 2-109-01 (Галактика × Литвиновская) отличается устойчивостью к почковому клещу, мучнистой росе и септориозу, пряморослой формой куста.

В ходе исследований выявлено, что скрещивание двух устойчивых к клещу исходных форм не гарантирует получение только высокоустойчивого потомства. Например, в семье 1-5-1 × × Кипиана до 3,0 % сеянцев были с повреждением 1 балл. В комбинации скрещиваний 7-79-4 × × Дар Смольяниновой 7,8 % гибридов имели признаки повреждения в 1 и 2 балла. При этом следует отметить тот факт, что хорошие результаты в создании устойчивого к клещу потомства получены благодаря включению в гибридизацию сорта Кипиана. Его устойчивость обусловлена наличием гена *Ce* от межвидовой формы 762-5-82, созданной учеными из ФГБНУ ВНИИСПК (Орловская обл.) благодаря привлечению в скрещивания крыжовника. В семье 1-5-1 × Кипиана доля устойчивого потомства составляет 97,0 %, в комбинации скрещиваний Кипиана × Прима выделено 94,3 % сеянцев без признаков повреждения почек.

Гибридологический анализ 7-летнего потомства смородины черной от контролируемых скрещиваний позволил выделить комбинации скрещиваний, где не было установлено ни одного сеянца с признаками повреждения клещом (табл. 4). Наибольший выход невосприимчивых сеянцев выявлен в случае устойчивости обоих родителей. В комбинациях скрещиваний Ben Hope × × Кипиана, Ben Hope × Дар Смольяниновой, Кипиана × Дар Смольяниновой, Бармалей × Дар Смольяниновой, Ben Tirran × Кипиана, 9-28-1/02 × Брянский агат, Дар Смольяниновой × Прима, Прима × Кипиана даже в годы массового распространения клеща все изученные сеянцы были без признаков повреждения фитофагом.

Таблица 4. **Гибридные семьи с максимальным выходом невосприимчивых к почковому клещу сеянцев (2017–2023 гг.)**

Комбинации скрещиваний	Число учетных сеянцев, шт.	Балл повреждения родительских форм		% сеянцев с повреждением	
		♀	♂	0 баллов	1 балл и более
Устойчивые × устойчивые					
Ben Hope × Кипиана	37	0	0	100	0
Кипиана × Дар Смольяниновой	52	0	0	100	0
Бармалей × Дар Смольяниновой	43	0	0	100	0
Ben Hope × Бармалей	27	0	0	100	0
Ben Hope × Дар Смольяниновой	44	0	0	100	0
Устойчивые × восприимчивые					
9-28-1/02 × Брянский агат	56	0	1	100	0
Дар Смольяниновой × Прима	30	0	1	100	0
Восприимчивые × устойчивые					
Ben Tirran × Кипиана	38	1	0	100	0
Прима × Кипиана	67	1	0	100	0

Несмотря на то, что смородина дикуша неустойчива к почковому клещу и передает потомству восприимчивость к вредителю [6, 16], хорошие результаты получены в созданных нами популяциях с участием сорта Дар Смольяниновой, который является производным *R. dikuscha* Fisch. В коллекционных насаждениях Кокинского ОП ФГБНУ ФНЦ Садоводства сорт Дар Смольяниновой появился в 2005 г. и за весь период наблюдений он проявил высокую полевую

устойчивость к *Cecidophyopsis ribis*. В большинстве случаев изученное потомство, полученное с участием сорта Дар Смольяниновой, было без признаков повреждения почковым клещом.

В результате оценки гибридного фонда 2018–2019 гг. посадки весной 2024 г. установлено, что к 7–8-летнему возрасту, при явных симптомах широкого распространения вредителя, сильноповрежденные сеянцы (5 баллов) не обнаружены. Вовлечение в скрещивания устойчивых к почковому клещу сортов Кипиана, Ben Hope, Дар Смольяниновой, Подарок ветеранам и форм № 7-79-4 (Экзотика × Гамаюн), 2-2-17 (Ядрёная × Сударушка), 62-03-7 (Венера × Бармалей), 5-30-95 (Орловская серенада I_1) с восприимчивыми генотипами привело к большому диапазону расщепления потомства по уровню устойчивости к фитофагу. Так, в семье Подарок ветеранам × × Мрия, где материнская форма отличается высокой полевой устойчивостью к клещу, а отцовская проявляет повреждения почек в 2 балла, выделено 57,2 % устойчивых сеянцев, 7,1 % гибридов с повреждением 3 балла, 14,3 % – 2 балла и 21,4 % – 1 балл соответственно.

Гибридологический анализ потомства смородины черной от контролируемых скрещиваний позволил выделить комбинации скрещиваний, где не установлено ни одного сеянца с признаками повреждения клещом. Наибольший выход невосприимчивых сеянцев выявлен в случае устойчивости обоих родителей. В комбинациях скрещиваний Бармалей × Дар Смольяниновой, Кипиана × × Дар Смольяниновой, Чернавка × Дар Смольяниновой, Литвиновская × Кипиана, Лукоморье × × Дар Смольяниновой, Лукоморье × Дар Смольяниновой, Ben Hope × Дар Смольяниновой даже в условиях массового распространения клеща, как это наблюдалось весной 2024 г., все изученные сеянцы были без признаков повреждения почковым клещом (табл. 5).

Таблица 5. **Расщепление гибридного потомства смородины черной по устойчивости к почковому клещу (2024 г.)**

Комбинации скрещиваний	Балл повреждения			% сеянцев с баллом повреждения						Выделено устойчивых, шт.
	♀	♂	F_1	0	1	2	3	4	5	
Литвиновская × Кипиана	1	0	0	100	0	0	0	0	0	51
Мрия × Партизанка брянская	2	2	0	100	0	0	0	0	0	54
Бармалей × Дар Смольяниновой	1	1	0	100	0	0	0	0	0	59
Лукоморье × Дар Смольяниновой	2	1	0	100	0	0	0	0	0	67
Кипиана × Дар Смольяниновой	0	1	0	100	0	0	0	0	0	55
Чернавка × Дар Смольяниновой	1	1	0	100	0	0	0	0	0	52
Ben Hope × Дар Смольяниновой	0	1	0	100	0	0	0	0	0	53
Ben Hope × Бармалей	0	1	0,3	70,0	30,0	0	0	0	0	35
Ben Hope × Литвиновская	0	1	0,2	88,2	11,8	0	0	0	0	45
Triton × Литвиновская	3	1	0	100	0	0	0	0	0	50
Ben Tirran × Литвиновская	2	1	0,1	93,7	6,3	0	0	0	0	60
Мрия × Литвиновская	2	1	0,5	66,7	16,7	16,7	0	0	0	40
Ben Tirran × Кипиана	2	0	0,1	92,1	7,9	0	0	0	0	70
Подарок ветеранам × Мрия	0	2	0,7	57,2	21,4	14,3	7,1	0	0	32
Диамант × Селеченская-2	0	2	0,5	55,7	37,7	6,6	0	0	0	34
Селеченская-2 × Дар Смольяниновой	2	1	0,5	60,0	30,0	10,0	0	0	0	30
Мрия-5 × Кипиана	4	0	0,5	60,0	27,1	12,9	0	0	0	42

Использование в скрещиваниях устойчивых к почковому клещу исходных форм (Диамант, Кипиана, Ben Hope) не гарантирует получения устойчивого потомства. Так, в семье Диамант × × Селеченская-2, где отцовская форма восприимчива до 2 баллов, в потомстве отмечено 37,7 % сеянцев с повреждением фитофагом в 1 балл и 6,6 % – 2 балла. В семье Мрия-5 × Кипиана с повреждением материнской формы до 4 баллов доля восприимчивых сеянцев составила 40 %, однако даже в этих условиях выделено 42 сеянца без признаков повреждения почковым клещом.

Результативным оказалось использование метода свободного опыления наиболее ценных доноров устойчивости к почковому клещу. Так, в популяциях от свободного опыления сортов Глариоза и Кипиана нами выделено 80,1 и 87,5 % сеянцев, невосприимчивых к вредителю. При

этом были получены генотипы (3-16-1, 3-63-01, 3-63-02, 9-197-3), совмещающие на высоком уровне и другие хозяйственно ценные признаки (плотность, масса ягод, содержание растворимых сухих веществ в плодах).

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований выделены генетические источники и доноры устойчивости к *Cecidophyopsis ribis* (сорта Бармалей, Дар Смольяниновой, Кипиана, Свитязянка, Черноокая, Чудное мгновение, Ben Hope, Big Ben и др.).

Перспективными комбинациями скрещиваний в селекции на устойчивость к смородинному почковому клещу являются Ben Hope × Кипиана, Ben Hope × Дар Смольяниновой, Кипиана × Дар Смольяниновой, Лукоморье × Дар Смольяниновой, Бармалей × Дар Смольяниновой, Чернавка × × Дар Смольяниновой, Ben Tirran × Кипиана, 9-28-1/02 × Брянский агат, Литвиновская × × Кипиана, Мрия × Партизанка брянская, Дар Смольяниновой × Прима, Прима × Кипиана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Князев, С. Д. Новое поколение сортов смородины черной для экологически безопасных технологий / С. Д. Князев, М. В. Товарницкая, М. А. Келдибекова // Аграрная наука. – 2017. – № 3. – С. 7–10.

2. Кичина, В. В. Принципы улучшения садовых растений / В. В. Кичина. – М. : ГНУ ВСТИСП Россельхозакадемии, 2011. – 528 с.

3. Источники и доноры устойчивости смородины черной к болезням и почковому клещу / Е. Г. Акуленко, М. В. Каньшина, Е. Я. Юхачева, Г. Л. Яговенко // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2021. – № 4. – С. 44–47. – DOI: 10.30850/vrsn/2021/4/44-47.

4. Фундаментальные и практические основы создания полевого репозитория смородины черной в России / М. Т. Упадышев, К. В. Метлицкая, Ф. Ф. Сазонов [и др.] // Садоводство и виноградарство. – 2020. – № 4. – С. 31–41. – DOI: 10.31676/0235-2591-2020-4-31-41.

5. Сазонов, Ф. Ф. Наследование устойчивости к почковому клещу в гибридном потомстве смородины черной / Ф. Ф. Сазонов // Актуальные вопросы садоводства и картофелеводства : сб. тр. Междунар. дистанц. науч.-практ. конф., Челябинск, 15 марта – 5 апр. 2018 г. / Юж.-Ур. науч.-исслед. ин-т садоводства и картофелеводства. – Челябинск, 2018. – С. 183–196.

6. Жидехина, Т. В. Селекция смородины черной на устойчивость к мучнистой росе и почковому клещу / Т. В. Жидехина, О. С. Родюкова, В. В. Ламонов. – Воронеж : Кварта, 2011. – 92 с.

7. Сазонов, Ф. Ф. Модель промышленного сорта смородины черной для условий средней полосы России / Ф. Ф. Сазонов // Садоводство и виноградарство. – 2024. – № 4. – С. 13–20. – DOI: 10.31676/0235-2591-2024-4-13-20.

8. Кип, Э. Смородина и крыжовник / Э. Кип // Селекция плодовых растений / пер. с англ. В. Г. Александровой, В. А. Высоцкого, Н. В. Гаделия [и др.] ; под ред. и с предисл. Х. К. Еникеева. – М. : Колос, 1981. – С. 274–371.

9. Juškytė, A. D. Analysis of *R* genes related to blackcurrant reversion virus resistance in the comparative transcriptome of *Ribes nigrum* cv. Aldoniai / A. D. Juškytė, I. Mažeikienė, V. Stanys // Plants (Basel). – 2022. – № 11 (22). – P. 3137. – DOI: 10.3390/plants11223137.

10. Князев, С. Д. Селекция черной смородины на современном этапе / С. Д. Князев, Т. П. Огольцова. – Орёл : Орл. ГАУ им. Н. В. Парахина. – 2004. – 238 с.

11. Пленкина, Г. А. Использование генетического разнообразия форм черной смородины в селекции на комплексную устойчивость к почковому смородинному клещу (*Cecidophyopsis ribis* Westw.) и американской мучнистой росе (*Sphaerotheca mors uvae* (Schw.) Berk.) в Кировской области / Г. А. Пленкина, Т. И. Салтыкова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – № 5 (48). – С. 39–45. – DOI: 10.30766/2072-9081.2015.48.5.39-45.

12. Бученков, И. Э. Использование аллополиплоидии в селекции смородины черной и крыжовника / И. Э. Бученков, А. Г. Чернецкая // Вестник БарГУ. Серия: Биологические науки. Сельскохозяйственные науки. – 2020. – № 8. – С. 129–138.

13. Селекция черной смородины: методы, достижения, направления / С. Д. Князев, Н. С. Левгерова, М. А. Макаркина [и др.]. – Орел : ВНИИСПК, 2016. – 328 с.

14. Оценка генофонда смородины черной ФГБНУ ФНЦ Садоводства по устойчивости к почковому клещу в условиях Брянской области / Ф. Ф. Сазонов, С. Н. Евдокименко, К. Ю. Неброй, М. А. Подгаецкий // Садоводство и виноградарство. – 2023. – № 3. – С. 28–36. – DOI: 10.31676/0235-2591-2023-3-28-36.

15. Князев, С. Д. Смородина, крыжовник и их гибриды / С. Д. Князев, Л. В. Баянова // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: Е. Н. Джигадло [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл, 1999. – С. 361–363.

16. Назарюк, Н. И. Научно-методические подходы в создании адаптированных сортов в роде *Ribes* L. в азиатской части России / Н. И. Назарюк, В. Н. Сорокопудов, Р. А. Нигматзянов // Ботанические сады как центры изучения и со-

хранения фиторазнообразия : тр. Междунар. науч. конф., посвящ. 140-летию Сиб. ботан. сада Том. гос. ун-та, Томск, 28–30 сент. 2020 г. / Нац. исслед. Том. гос. ун-т. – Томск, 2020. – С. 135–138. – DOI: 10.17223/978-5-94621-956-3-2020-43.

BREEDING BLACKCURRANT (*RIBES NIGRUM* L.) FOR RESISTANCE TO *CECIDOPHYOPSIS RIBIS* IN THE SOUTHWEST NON-CHERNOZEM ZONE OF RUSSIA

F. F. SAZONOV

Abstract

This article presents the results of an evaluation of the blackcurrant genetic collection and hybrid pool at the Federal Research Center for Horticulture for resistance to the blackcurrant gall mite (*Cecidophyopsis ribis*). The study was conducted from 2016 to 2023 under the conditions of the southwest Non-Chernozem zone of Russia (Bryansk region). The research included 107 cultivars of various genetic origins, 30 of which were of foreign breeding, as well as approximately 17,500 seedlings. As a result, genetic sources and donors of resistance to *C. ribis* were identified, including cultivars such as Barmaley, Dar Smolyaninovoy, Kipiana, Svitazyanka, Chernookaya, Chudnoye Mgnovenie, Ben Hope, Big Ben, and others. Promising hybrid combinations for producing mite-resistant progeny were established: Ben Hope × Kipiana, Ben Hope × × Dar Smolyaninovoy, Kipiana × Dar Smolyaninovoy, Barmaley × Dar Smolyaninovoy, Ben Tirran × Kipiana, 9-28-1/02 × × Bryansky Agat, Dar Smolyaninovoy × Prima, and Prima × Kipiana. Selected progeny (3-16-1, 3-63-01, 3-63-02, 4-49-03, 9-197-3) were identified that combine resistance to the blackcurrant gall mite with large fruit size and tolerance to fungal diseases.

Keywords: blackcurrant, cultivar, *Cecidophyopsis ribis*, resistance.

Поступила в редакцию 07.04.2025

УДК 634.74:582.688.4:581.143.6:631.811.98

ВЛИЯНИЕ МАННИТА И АБСЦИЗОВОЙ КИСЛОТЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕПОНИРОВАНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ *ACTINIDIA* LINDL. ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ*

В. И. МАЛЯРОВСКАЯ, Ц. В. ТУТБЕРИДЗЕ, Т. А. СИМОНЯН

ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук», ул. Яна Фабрициуса, 2/28, г. Сочи, 354002, Россия, e-mail: malyarovskaya@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Субтропики России, благодаря природно-климатическим условиям, – единственный регион, где можно в промышленных масштабах выращивать *A. deliciosa* и другие виды рода *Actinidia* Lindl. В этом регионе растения и плоды актинидии не повреждаются вредителями и болезнями, что исключает целесообразность применения пестицидов. С целью увеличения количества посадочного материала для закладки плантаций необходимо применять оздоровленный высококачественный посадочный материал, выращенный с использованием современных биотехнологических методов. Цель исследований – изучение влияния маннита и абсцизовой кислоты на эффективность депонирования представителей *Actinidia* Lindl. при различных условиях культивирования. Показано, что способ минимализации роста растений актинидии при низкой положительной температуре и освещенности в условиях *in vitro* позволяет сохранить жизнеспособные микропобеги без субкультивирования в течение 90–120 сут. Установлено, что после депонирования микропобеги актинидии, пересаженные на питательную среду МС, обладали высокой восстановительной регенерационной способностью. Наибольший процент жизнеспособных микропобегов *A. arguta* (61,7–68,3 %) и *A. deliciosa* сорта Hayward (59,7–63,7 %) отмечен после субкультивирования (60–80 дней) с питательной среды, содержащей по 1 мг/л маннита и АБК, и в контроле (без маннита и АБК) при температуре +23 °С и освещенности 2000 лк.

Ключевые слова: Actinidia deliciosa, *A. arguta* Planch., депонирование, питательная среда, маннит, абсцизовая кислота, морфометрические показатели.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день актуальной задачей для обеспечения продовольственной безопасности России является интенсификация производства плодово-ягодной продукции, привлечение перспективных культур и расширение их сортимента. Среди плодово-ягодных культур высокой пищевой ценностью обладают плоды разных видов актинидии, в том числе *Actinidia deliciosa* (A. Chevalier) Liang et Ferg. Они являются отличным источником витаминов и других биологически активных веществ, а также отличаются высокими антиоксидантными свойствами, оказывающими положительный эффект на организм человека [1, 2].

Род актинидия (*Actinidia* Lindl.) относится к семейству актинидиевых (Actinidiaceae Hutch.), включает 110 таксонов и 60 видов [3]. Из литературных источников известно, что на территории России актинидии в диком виде произрастают в Приморском и Хабаровском краях, на Сахалине и южных островах Курильской гряды. Особо теплолюбивыми, произрастающими в Юго-Восточной Азии, считаются: актинидия пурпурная *A. purpurea* (Maxim.), актинидия китайская *A. chinensis* (var. *hispida*) Planch., актинидия деликатесная *A. deliciosa* (A. Chevalier) Liang et Ferg. Влажные субтропики России, из-за своего географического положения, – единственный регион, где можно в промышленных масштабах выращивать *A. deliciosa* и другие виды рода *Actinidia* Lindl. Здесь растения и плоды актинидии не повреждаются вредителями и болезнями, что исключает целесообразность применения пестицидов. С целью увеличения количества посадочного материала для закладки плантаций необходимо применять оздоровленный высококачественный посадочный материал, выращенный с использованием современных биотехнологических методов.

* Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ФИЦ СНЦ РАН № FGRW-2024-0008, рег. № 1023110900223-6-4.1.1, и FGWR-2024-0003, рег. № 124022000093-1.

Длительное сохранение растений в медленнорастущей культуре – один из этапов размножения в условиях *in vitro*. Замедления роста растений в условиях *in vitro* можно достичь за счет модификации питательных сред или условий культивирования – понижения температуры воздуха и освещенности [4–7]. В качестве ингибиторов роста в питательную среду часто добавляют осмотические вещества (маннит, сорбит) и абсцизовую кислоту. Использование биотехнологических приемов для длительного сохранения растений в условиях *in vitro* также тесно связано с их биологическими особенностями. Так, например, введение в питательную среду маннита и сорбита позволило сохранить жизнеспособность сортов голубики высокой и брусники обыкновенной в течение 4 месяцев без субкультивирований [8]. Есть также данные, что комплексное воздействие таких факторов, как температура +9 и +22 °С, освещенность 100 и 1200 лк, присутствие в питательной среде осмотических веществ (маннит, сорбит) и ингибитора роста – абсцизовой кислоты – способствовало сохранению жизнеспособности и снижению кинетики роста микропобегов *Campanula sclerophylla* в течение 360 сут депонирования [7].

Регенерационную способность представителей рода *Actinidia*, преимущественно *A. arguta* Planch., *A. kolomikta* (Rupr. et Maxim.) Maxim., *A. polygama* (Sieb. et Zucc.) Maxim., в условиях стерильной культуры активно изучают российские и зарубежные ученые [9–12]. Вместе с тем мало информации по микроразмножению и длительному сохранению *Actinidia deliciosa*.

Целью наших исследований являлось выявление влияния маннита и абсцизовой кислоты (АБК) на эффективность депонирования представителей *Actinidia* Lindl. при различных условиях культивирования.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в лаборатории биотехнологии Федерального исследовательского центра «Субтропический научный центр Российской академии наук» в 2023–2024 гг. В эксперименте по изучению влияния различных факторов (температуры, освещенности, осмотического вещества (маннит) и АБК) на длительность культивирования в беспересадочной культуре в качестве объектов исследования использовали микропобеги *Actinidia deliciosa* сорта Hayward и вида *A. arguta* Planch. размером 1,5–2,0 см. Работа проведена в асептических условиях по классической методике [13]. Микропобеги актинидии высаживали на питательную среду по прописи 1/2 Мурасиге и Скуга (Murashige, Scoog, 1962) с добавлением маннита и АБК в концентрации 1–3 мг/л. Варианты опыта:

1. Маннит, 1 мг/л + АБК, 1 мг/л.
2. Маннит, 2 мг/л + АБК, 2 мг/л.
3. Маннит, 3 мг/л + АБК, 3 мг/л.
4. Контроль (1/2 МС без гормонов и осмотических веществ).

Учет проводили по следующим показателям: высота побегов, см; количество междоузлий, шт.; количество листьев, шт.; количество корней, шт.; длина корней, мм.

Длительное культивирование микропобегов актинидии проводили при разных режимах культивирования:

при пониженной температуре воздуха (+7 °С) и интенсивности освещения 1000 лк (холодильная камера Pozis-Paracels, Россия);

при температуре воздуха +23 °С и освещенности 2000 лк (культуральное помещение).

Исследования проводили в трехкратной повторности, в каждом варианте не менее 30 микропобегов. Математическая обработка данных проведена стандартными методами с использованием программы Microsoft Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате изучения влияния режимов культивирования и концентраций маннита и АБК на длительность сохранения (180 сут) в стерильных условиях микропобегов сорта Hayward и вида *A. arguta* установлено, что максимальный рост эксплантов наблюдался в стандартных

условиях при температуре +23 °С и освещенности 2000 лк (в контроле), при этом высота микропобегов увеличилась более чем в два раза и достигла 3,9 (Hayward) и 4,5 см (*A. arguta*) (табл. 1).

Таблица 1. **Влияние маннита, АБК и режимов культивирования (+23 °С, освещенность 2000 лк) на морфометрические показатели представителей рода *Actinidia* (через 180 сут)**

Морфометрические показатели	Вариант 1 Маннит, 1 мг/л + АБК, 1 мг/л		Вариант 2 Маннит, 2 мг/л + АБК, 2 мг/л		Вариант 3 Маннит, 3 мг/л + АБК, 3 мг/л		Контроль	
	Hayward	*A. arguta*	Hayward	*A. arguta*	Hayward	*A. arguta*	Hayward	*A. arguta*
Высота побегов, см	2,9 ± 0,01	3,3 ± 0,03	1,5 ± 0,01	2,2 ± 0,01	2,1 ± 0,02	1,5 ± 0,02	3,9 ± 0,03	4,5 ± 0,03
Количество листьев, шт.	2,3 ± 0,02	3,7 ± 0,02	1,9 ± 0,02	2,1 ± 0,02	1,5 ± 0,01	1,7 ± 0,02	4,3 ± 0,04	5,1 ± 0,04
Количество корней, шт.	1,3 ± 0,01	2,3 ± 0,01	–	2,7 ± 0,02	–	0,7 ± 0,01	3,3 ± 0,03	5,2 ± 0,02
Длина корней, см	1,4 ± 0,01	1,8 ± 0,02	–	1,6 ± 0,01	–	0,2 ± 0,01	3,1 ± 0,02	4,5 ± 0,01
Количество междоузлий, шт.	3,1 ± 0,03	3,8 ± 0,01	2,1 ± 0,02	3,3 ± 0,03	1,5 ± 0,01	1,7 ± 0,03	3,5 ± 0,02	4,3 ± 0,04
Жизнеспособность микропобегов *Actinidia*, %	51,3	57,4	41,8	45,2	31,5	33,8	53,9	57,8

Также у изучаемых генотипов на питательной среде с содержанием маннита и АБК в концентрации 1 мг/л отмечен рост микропобегов 2,9 и 3,3 см соответственно. Вместе с тем в вариантах с повышенным содержанием изучаемых веществ (варианты № 2 и 3) через 90 сут рост микропобегов у актинидии прекратился, отмечено пожелтение и опадение листьев. При этом процент жизнеспособности микропобегов актинидии в зависимости от варианта питательной среды варьировал: для сорта Hayward – от 31,5 (вариант № 3) до 53,9 % (контроль); для *A. arguta* – от 33,8 (вариант № 3) до 57,8 % (контроль).

Выявлено, что микропобеги актинидии, культивируемые в условиях пониженной температуры (+7,7 °С) и освещенности (1000 лк), по всем морфометрическим показателям были ниже, чем в опыте со стандартными условиями культивирования (табл. 2).

Таблица 2. **Влияние маннита, АБК и режимов культивирования (+7 °С, освещенность 1000 лк) на морфометрические показатели представителей рода *Actinidia* (через 180 сут)**

Морфометрические показатели	Вариант 1 Маннит, 1 мг/л + АБК, 1 мг/л		Вариант 2 Маннит, 2 мг/л + АБК, 2 мг/л		Вариант 3 Маннит, 3 мг/л + АБК, 3 мг/л		Контроль	
	Hayward	*A. arguta*	Hayward	*A. arguta*	Hayward	*A. arguta*	Hayward	*A. arguta*
Высота побегов, см	2,1 ± 0,01	2,4 ± 0,03	2,0 ± 0,02	2,1 ± 0,01	1,8 ± 0,02	1,9 ± 0,02	3,2 ± 0,04	3,8 ± 0,02
Количество листьев, шт.	2,3 ± 0,02	2,8 ± 0,02	1,1 ± 0,01	1,7 ± 0,02	1,7 ± 0,01	–	2,7 ± 0,03	2,9 ± 0,01
Количество корней, шт.	–	1,1 ± 0,01	–	3,1 ± 0,04	–	1,1 ± 0,02	–	2,3 ± 0,01
Длина корней, см	–	0,5 ± 0,01	–	1,7 ± 0,01	–	0,5 ± 0,01	–	0,8 ± 0,01
Количество междоузлий, шт.	2,4 ± 0,01	2,7 ± 0,03	1,9 ± 0,02	2,1 ± 0,02	1,5 ± 0,02	1,7 ± 0,03	3,1 ± 0,03	3,3 ± 0,04
Жизнеспособность микропобегов *Actinidia*, %	43,1	47,7	31,2	35,8	21,3	23,8	43,9	49,8

Процент жизнеспособных микропобегов также был ниже, чем в опыте с повышенной температурой и освещенностью, и варьировал для сорта Hayward от 21,3 до 43,9 %; для *A. arguta* – от 23,8 до 49,8 %.

Также нами установлено, что добавление 2–3 г/л маннита и АБК в питательную среду оказывало ингибирующее действие на рост микропобегов актинидии при разных режимах культивирования и сокращало период депонирования на 60 сут.

В то же время Irina Pavlova с соавторами (2021 г.) в своих исследованиях показали, что растения другой культуры – винограда – способны к морфогенезу в условиях низкой положительной температуры и крайне низкой освещенности. Растения культивировали пять месяцев без изменения показателя длины побегов. При этом жизнеспособность растений в этих условиях во многом зависит от сортовых особенностей культуры [14].

Скрининг депонируемых микропобегов актинидии показал, что после их субкультивирования со среды с маннитом и АБК на питательную среду МС процент восстановления жизнеспособности был неодинаков. Выявлено, что наибольший процент жизнеспособных микропобегов у *A. deliciosa* сорта Hayward и вида *A. arguta* был отмечен при субкультивировании со среды, содержащей маннит, 1 мг/л + АБК, 1 мг/л – 61,7 и 68,3 % соответственно, и в контроле – 59,7 и 63,7 % соответственно (рис. 1).

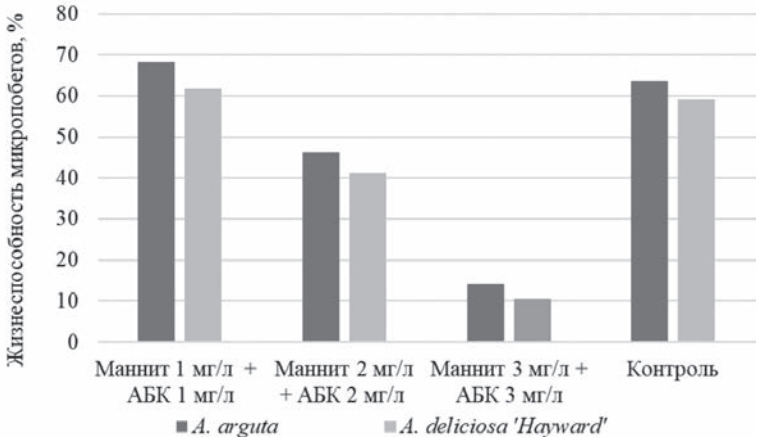


Рис. 1. Жизнеспособность микропобегов представителей рода *Actinidia* после субкультивирования со среды с осмотическими веществами (культивирование при температуре +23 °С и освещенности 2000 лк) на питательную среду МС, %

В опыте с пониженной температурой и освещенностью процент жизнеспособных микропобегов был ниже и варьировал у *A. deliciosa* сорта Hayward с 0,5 (маннит, 3 мг/л + АБК, 3 мг/л) до 35,5 % (контроль), у *A. arguta* – с 0,9 (маннит, 3 мг/л + АБК, 3 мг/л) до 41,2 % (контроль) (рис. 2). При этом, как и в опыте с повышенной температурой и освещенностью, наилучшие результаты были у генотипов актинидии на варианте с содержанием маннита, 1 мг/л + АБК, 1 мг/л и в контроле (без маннита и АБК).

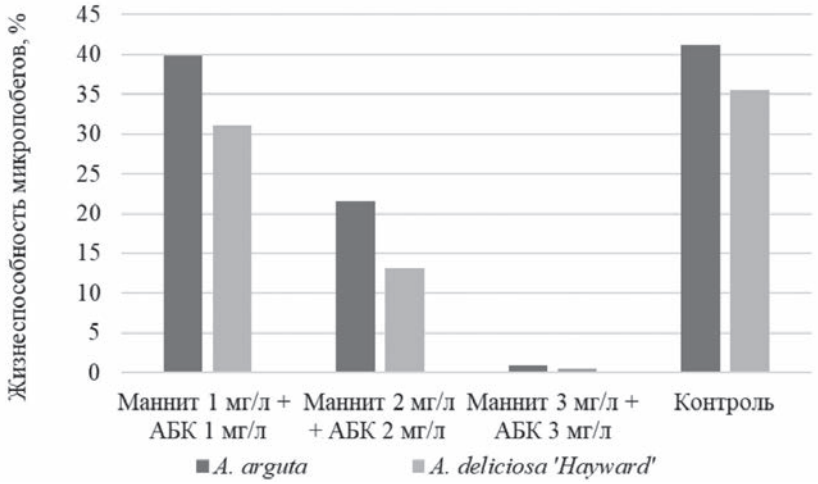


Рис. 2. Жизнеспособность микропобегов представителей рода *Actinidia* после субкультивирования со среды с маннитом и АБК (культивирование при температуре +7 °С и освещенности 1000 лк) на питательную среду МС, %

ВЫВОДЫ

В результате изучения режимов культивирования, влияния маннита и АБК на период депонирования актинидии в условиях культуры *in vitro* установлено, что виды актинидии отличались по жизнеспособности и интенсивности морфогенеза. Выявлено также, что способ минимализации роста растений актинидии при низкой положительной температуре и освещенности в условиях *in vitro* является приемлемым и позволяет сохранить жизнеспособные микропобеги без субкультивирования в течение 90–120 сут. Кроме того, после депонирования микропобеги актинидии, пересаженные на питательную среду МС, обладали высокой восстановительной регенерационной способностью. Так, высокий процент жизнеспособных микропобегов *A. arguta* (61,7–68,3 %) и *A. deliciosa* сорта Hayward (59,7–63,7 %) отмечен после субкультивирования (60–80 дней) с питательной среды, содержащей по 1 мг/л маннита и АБК, и в контроле (без маннита и АБК) при температуре +23 °С и освещенности 2000 лк.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беседина, Т. Д. Экологическая характеристика интродуцированных сортов *A. diliciosa* в условиях влажных субтропиков России / Т. Д. Беседина, Ц. В. Тутберидзе, С. В. Добежина // Научый журнал КубГАУ. – 2014. – № 100 (06). – С. 79–86.

2. Беседина, Т. Д. Научно обоснованный сортимент актинидии деликатесной для возделывания во влажных субтропиках России / Т. Д. Беседина, Ц. В. Тутберидзе, Н. С. Киселева // Плодоводство и ягодоводство России. – 2019. – № 59. – С. 108–118. – DOI: 10.31676/2073-4948-2019-59-108-118.

3. Ferguson, A. R. Kiwifruit (*Actinidia*) / A. R. Ferguson // Acta Horticulturae. – 1990. – Vol. 290. – P. 603–653.

4. Разработка режимов среднесрочного хранения *in vitro* эндемичного вида *Campanula sklerophylla* Kolak. / Т. М. Коломиец, В. И. Маляровская, С. Л. Губаз, Л. С. Самарина // Роль ботанических садов в сохранении и мониторинге биоразнообразия Кавказа : материалы юбилейн. междунар. науч. конф., Сухум, 6–10 сент. 2016 г. / Ин-т ботаники Акад. наук Абхазии, Гл. ботан. сад им. Н. В. Цицина, Абхаз. отд-ние Рус. ботан. о-ва ; редкол.: Э. Ш. Губаз (отв. ред.) [и др.]. – Сухум, 2016. – С. 240–244.

5. Крицкая, Т. А. Особенности длительного депонирования культуры *in vitro* некоторых редких и исчезающих видов растений Саратовской области / Т. А. Крицкая, А. С. Кашин // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. – 2016. – Т. 16, вып. 1. – С. 74–80. – DOI: 10.18500/1816-9775-2016-16-1-74-8.

6. Особенности депонирования хризантемы садовой в условиях *in vitro* / И. В. Митрофанова, Н. Н. Иванова, О. В. Митрофанова, Н. П. Лесникова-Седошенко // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2019. – № 131. – С. 110–117. – DOI: 10.25684/NBG.boolt.131.2019.15.

7. Маляровская, В. И. Влияние факторов культивирования на длительность депонирования *in vitro* эндемичного вида *Campanula sclerophylla* Kolak. / В. И. Маляровская, Е. С. Шуркина // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2022. – № 81. – С. 98–106. – DOI: 10.31360/2225-3068-2022-81-98-106.

8. Сидорович, Е. А. Влияние осмотических ингибиторов на сохранение жизнеспособности интродуцированных сортов *Vaccinium corymbosum* L. и *Vaccinium vitisidea* L. в культуре *in vitro* / Е. А. Сидорович, Е. Н. Кутас, В. Л. Филипеня // Доклады Академии наук Беларуси. – 1995. – Т. 39, № 1. – С. 63–66.

9. Modeling and optimizing culture medium mineral composition for *in vitro* propagation of *Actinidia arguta* / R. Hameg, T. A. Arteta, M. Landin [et al.] // Frontiers in Plant Science. – 2020. – Vol. 11. – P. 2088.

10. Малаева, Е. В. Использование биотехнологических методов для сохранения и поддержания коллекции актинидии в культуре *in vitro* / Е. В. Малаева, Л. Н. Коновалова, О. И. Молканова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2009. – Т. 21. – С. 212–218.

11. Крахмалева, И. В. Особенности клонального микроразмножения разных форм перспективных сортов *Actinidia kolomicta* (Rupr. et Maxim.) Maxim. / И. В. Крахмалева, О. И. Молканова, Е. В. Малаева // Бюллетень ГНБС. – 2019. – Вып. 133. – С. 80–86. – DOI: 1036305/0513-1634-2019-80-86.

12. Крахмалева, И. Л. Изменение микрометрических признаков устьичного аппарата видов рода актинидия (*Actinidia arguta*, *A. kolomikta*, *A. polygama*) при культивировании *in vitro* и адаптации *ex vitro* / И. Л. Крахмалева, О. И. Молканова, Ю. К. Виноградова // Вестник Тверского государственного университета. Серия «Биология и экология». – 2024. – № 1 (73). – С. 123–136.

13. Бутенко, Р. Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе / Р. Г. Бутенко. – М. : ФБК-ПРЕСС, 1999. – 160 с.

14. The effect of cultivation conditions on the growing processes of grape plants *in vitro* / I. Pavlova, E. Luschay, M. Kosyuk [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2021. – Vol. 39. – DOI: 10.1051/bioconf/20213903001.

THE EFFECT OF MANNITOL AND ABSCISIC ACID ON STORAGE EFFICIENCY OF *ACTINIDIA* LINDL. UNDER DIFFERENT CULTIVATION CONDITIONS

V. I. MALYAROVSKAYA, T. V. TUTBERIDZE, T. A. SIMONYAN

Abstract

Due to its natural and climatic conditions, the subtropical region of Russia is the only area in the country suitable for industrial-scale cultivation of *A. deliciosa* and other *Actinidia* Lindl. species. In this region, *Actinidia* plants and fruits are not affected by pests or diseases, eliminating the need for pesticide application. To establish plantations, it is essential to use sanitized, high-quality planting material produced via modern biotechnological methods. The aim of the study was to investigate the effect of mannitol and abscisic acid on the storage efficiency of *Actinidia* Lindl. under various cultivation conditions. It was shown that growth minimization of *Actinidia* plants under low positive temperature and light intensity *in vitro* allows for the preservation of viable microshoots for 90–120 days without subculturing. It was found that after storage the microshoots of *Actinidia* transplanted to the MS nutrient medium had a high regenerative ability. The highest percentage of viable microshoots of *A. arguta* (61.7–68.3 %) and *A. deliciosa* 'Hayward' (59.7–63.7 %) was recorded after subculturing (60–80 days) from a nutrient medium containing 1 mg/L of mannitol and ABA, and in the control (without mannitol and ABA) under light conditions of 2000 lux and an ambient temperature of +23 °C.

Keywords: Actinidia deliciosa, A. arguta Planch., storage, culture medium, mannitol, abscisic acid, morphometric parameters.

Поступила в редакцию 24.03.2025

УДК 634.745:631.526:581.192(571.15)

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОВ КАЛИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*VIBURNUM OPULUS* L.) В КУЛЬТУРЕ (АЛТАЙСКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД)*

Т. А. ВДОВИНА, О. А. ЛАГУС, Ж. Е. АЙМЕНОВА

РГП на ПХВ «Алтайский ботанический сад» КН МНВО РК,
ул. Ермакова, 1, г. Риддер, 071300, Казахстан,
e-mail: lelik_ridder1994@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В данной статье представлены результаты по изучению эколого-биологических особенностей калины обыкновенной (*Viburnum opulus* L.) в интродукционной популяции, созданной в 2013 г. трехлетними саженцами. В состав интродукционной популяции входят 28 форм и 71 растение из четырех местообитаний Западного Алтая. Приведено описание морфометрических параметров вегетативной и генеративной сфер. Изучена изменчивость по 25 основным признакам на эндогенном и индивидуальном уровнях. При индивидуальной изменчивости характеризовали только отдельную особь. При эндогенной изменчивости изучение морфологических и хозяйственных признаков проводилось в кроне одной особи. Высокая вариативность характерна для следующих признаков: высота куста, размеры кисти, количество цветков и плодов в кисти, масса плодов. В результате биохимических исследований получены данные по накоплению в плодах витаминов и флавоноидов. На накопление БАВ, флавоноидов влияют как генотип особей, так и природно-климатические условия. Совмещение основных хозяйственно-биологических признаков с оптимальной выраженностью биохимического состава плодов по БАВ и флавоноидам позволило представить для комплексного практического использования формы Штамбовая (45-1) и Жемчужное ожерелье (32-8).

Ключевые слова: биохимический состав, Западный Алтай, интродукционная популяция, калина обыкновенная, плоды, форма.

ВВЕДЕНИЕ

Калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.) – лекарственное, пищевое, медоносное, красящее и декоративное растение [1, 2]. Планомерное изучение дикорастущих плодовых и ягодных растений в Алтайском ботаническом саду (АБС) проводится с 1968 г. Этот вид среди 50 видов дикорастущих ягодных растений, произрастающих на территории Восточно-Казахстанской области, интересен в плане изучения изменчивости, отбора перспективных форм по хозяйственно ценным и декоративным признакам, а также биохимического состава плодов и введения в культуру. Испытание калины в культуре проводятся с 2013 г. по настоящее время, в дальнейшем планируется проведение селекционных работ. Первым этапом в изучении калины было обследование природных местообитаний (шести популяций), в которых проведено описание экологических условий произрастания, морфометрических параметров вегетативной и генеративной сфер 146 форм. Изучена изменчивость по 25 основным признакам на эндогенном, популяционном и межпопуляционном уровнях.

Интродукционная популяция калины обыкновенной включает 28 формо-клонов и 71 растение из четырех ценопопуляций Западного Алтая:

1) тарасовская – находится в предгорье хр. Убинский, долина р. Журавлиха, шириной 450–600 м, на протяжении 2700 м, от Тарасовского ключа до населенного пункта с. Крольчатник (координаты местонахождения: 50.33333 с. ш., 88.183333 в. д., 913 м над ур. м.);

2) черемшанская – расположена на сопках, склонах, юго-западной и северо-западной экспозиций, крутизной 17–31°, в 2,5 км от с. Черемшанка (координаты местонахождения: 50.25755 с. ш., 82.96836 в. д., 447 м над ур. м.);

* Работа выполнена в рамках грантового проекта № AP19675059 «Оценка современного состояния дикорастущих ягодных растений Казахстанского Алтая, сохранение генетического материала *ex-situ*, комплексная селекционная оценка, отбор форм, получение сортов» на 2023–2025 гг. при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

3) хр. Ивановский, бархотинская – в 3 км от с. Ливино в северном направлении, на юго-восточном склоне г. Бархот, крутизна склона – от 18 до 36° (координаты местонахождения: 50.397965 с. ш., 83.614446 в. д., 812 м над ур. м.);

4) ульбастроевская – вблизи пос. Ульбастрой у подножия хр. Ивановский (координаты местонахождения: 50.25670 с. ш., 83.31672 в. д и 50.25212 с. ш., 83.28406 в. д., 792 м над ур. м.) [3].

Целью наших исследований является создание устойчивой интродукционной популяции калины обыкновенной в Алтайском ботаническом саду. Изучение эколого-биологических особенностей, химического состава плодов этого растения. Отбор перспективных форм по хозяйственным, декоративным признакам и биохимическому составу плодов.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований является интродукционная популяция калины обыкновенной в АБС – 28 форм, 71 растение. Годы исследований – 2013–2024 гг. Изучение биологических и морфологических признаков калины обыкновенной проводилось по «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур», практическому руководству по селекции и семеноводству плодовых культур [4, 5]. Отбор и описание форм в дикорастущих популяциях и в культуре проводили по методике [6]. При определении окраски плодов, листьев, побегов калины были приняты цвета солнечного спектра, плоды описывали как оранжевато-красные, красно-оранжевые, красные, темно-красные, вишневые по шкале цветов [7]. Для оценки степени изменчивости признаков использовали унифицированную шкалу уровней изменчивости, разработанную С. А. Мамаевым [8].

Определение витаминов группы В, РР и С осуществляли на жидкостном хроматографе LC-20 Prominence (Shimadzu), оснащенным спектрофотометрическим детектором SPD-20 A. Качественное и количественное определение флавоноидов (робинина, рутина, апигенина, гиперозида и галловой кислоты) проводили с помощью ВЭЖХ-метода (HPLC) с использованием режима изократического элюирования и диодно-матричного детектора (ДАД). В качестве подвижной фазы использовали ацетонитрил и буферный раствор. Спектральные данные исследованы в спектральном диапазоне от 200 до 400 нм.

Условия хроматографирования: хроматограф – Agilent Technologies 1260. Подвижная фаза (изократический режим) – ацетонитрил – буферный раствор (35 : 75); pH – 2,92; 15–20 мин. Объем инжекции – 5 мкл. Скорость подвижной фазы – 0,75 мл/мин. Колонка – EclipseXDB-C18, 5,0 мкм, 4,6 × 250 мм. Детектор диодно-матричный, длины волн – 254, 320, 381 нм.

Использованы биометрические методы исследования, основанные полностью или частично на статистических или вероятностных закономерностях. Данные, полученные в результате исследований, обработаны с помощью методов вариационной статистики [9, 10] в программах Statistica-Trial, R-studio, R Statistics.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Растения калины обыкновенной, интродуцированные в АБС зелеными черенками, хорошо адаптировались в условиях культуры, имеют высокую зимостойкость, хороший рост и развитие. Посадка трехлетних саженцев в 2017 г. осуществлена по схеме 2 × 4 м. Их состояние оценивается как хорошее и отличное. Габитус кустов, цветение и плодоношение калины обыкновенной в различных местообитаниях раскрыл природу эколого-географических форм в формировании интродукционной популяционной структуры по многим признакам, в том числе и по высоте растений с вариацией от 0,4 до 1,7 м в 10-летнем возрастном состоянии, в 11-летнем – от 0,6 до 2,1 м.

Важным показателем успешной адаптации интродуцированных растений калины в условиях культуры является формирование и развитие генеративной сферы, которое наступило на 10-й год, в генеративную фазу вступили 92 % растений, на 11-й год – все растения. Более половины форм имеют высокий балл цветения – 4–5.

В культуре представлены формы, разные по высоте – от 0,6 до 1,2 м по кроне (шаровидная, пирамидальная), окраске листьев (зеленая, темно-зеленая, бордо, золотистая), форме плодов (шаровидная, округлая, овальная). Важнейшим показателем жизнедеятельности растений калины обыкновенной является рост и развитие. По интенсивности роста, длине однолетнего прироста зафиксированы значения в пределах от 13 до 68 см, в среднем – 19,4 см за вегетационный период. Такая разница по высоте и интенсивности роста объясняется генетическими особенностями природных форм и их экологией. Сдержанным ростом обладают формы К (24-8), К (25-6), Лучистая К (30-6), К (36-5), К (40-1), К (40-7), К (41-2), Штамбовая К (46-1) и др. Высота варьирует на высоком уровне изменчивости, коэффициент вариации – 25 %. Расположение ветвей большинства форм прямостоячее, т. к. количество стволиков пока небольшое (от 3 до 6 шт.), с возрастом оно будет увеличиваться, у нескольких форм – К (24-8), К (25-7), К (30-6), К (39-2), К (40-3), К (42-2), К (42-6), К (43-1), К (44-1), К (45-6), К (46-8) – расположение ветвей широкораскидистое.

Калина – растение перекрестноопыляемое, анемофильное, в наших условиях цветет в конце мая – начале июня в течение двух недель. Растения из черемшанской популяции цветут в начале июня, из бархотинской – немного позднее. Разница в сроках цветения составила 3–4 дня. Размах сроков цветения ранних и поздних форм отмечен в 8 дней. У ранних форм К (24-6), К (24-7), К (28-5), К (29-5), К (30-5), К (36-2), Штамбовая К (45-1), К (46-1) – 1–8 июня, у поздних – К (22-6), Лучистая К (28-6), К (38-1), К (41-1), Неженка К (42-1), К (43-1), К (44-1) – 9–15 июня. Белые и нежно-лимонные цветки собраны в крупные соцветия – зонтиковидные щитки диаметром от 3,8 до 11,2 см, количество цветков – от 54 до 210 шт., по краям соцветия находятся более крупные (16–27 мм) стерильные цветки с белыми, плоскими лепестками, их количество – от 13 до 29 шт. на кисти. Они в 4–5 раз крупнее внутренних. Срединные цветки гетероморфные, с двойным околоцветником, собраны в плоские зонтиковидные 6–8-лучевые метелки, цветки, сидячие или почти сидячие, белые или розовато-белые, короткоколокольчатые, около 5 мм в диаметре. Результаты изучения внутривидовой изменчивости показали, что уровень изменчивости количества цветков от среднего – 13,8 % до очень высокого – 41,6 %.

Во время цветения и плодоношения многим формам присвоили условное название. У формы Невеста ложные цветки очень крупные – до 30 мм в диаметре, расположены в два ряда, на 50 % перекрывающие друг друга. Форма Орбита с изящными мелкими – до 7 мм, ложными цветками, количество которых 12 шт. У формы Лучистая кисть округлая и как лучики расходятся метелки. Эффектно смотрится форма, у которой срединные цветки находятся ниже уровня ложных, кисть вогнутая.

Отмечается разнообразие форм калины обыкновенной в интродукционной популяции по окраске, размерам и количеству плодов в кисти. Плод калины – ярко-красная шаровидная костянка 0,63–1,05 см длиной и примерно таким же диаметром, с одной крупной плоской косточкой внутри, созревает в сентябре – начале октября, в зависимости от погодных условий. Окраска плодов определяется сложным сочетанием красящих пигментов – хлорофилла, каротиноидов, антоцианов и других пигментов фенольного ряда, а также генотипом особей. По цветовой гамме произрастают формы калины с различными оттенками оранжевого, красного и вишневого цветов. Значительный интерес представляют вариации по красной, темно-красной, вишневой окраске плодов. В культуре 20,1 % особей с вишневыми (К (28-6), К (39-1), К (46-7)); 42,8 % с красными (К (30-5), К (31-5)) и темно-красными (К (42-1)) плодами, остальные – с оранжевыми. По созреванию плодов выделены две группы: ранние – К (37-5), К (38-1), К (40-2), К (40-3), К (42-1) и поздние – К (32-8), Дыхание осени К (23-6). Ниже приведена характеристика хозяйственных и морфологических признаков отборных форм калины обыкновенной в интродукционной популяции (табл. 1).

По размерам кисти выделяются Дыхание осени, Бусинка, К (22-6), Лучистая, Бархотинская, Бордо, Невеста, Золотистая, по количеству плодов в кисти – К (22-6), Невеста, Золотистая, по массе плодов – Бусинка, Золотистая, Блестящая.

Изучение изменчивости хозяйственных и морфологических признаков калины обыкновенной в интродукционной популяции показало, что эндогенная изменчивость по массе подов и их

размерам низкая, коэффициент вариации – 6,2–8,0 %; по количеству плодов – средняя, коэффициент вариации – 13,5–17,7 %. Индивидуальная изменчивость по высоте растения, урожайности, длине плодов и количеству плодов в кисти варьирует на среднем уровне, коэффициент вариации – 14,5–19,8 %. По остальным признакам уровень изменчивости низкий.

Таблица 1. **Характеристика хозяйственных и морфологических признаков отборных форм калины обыкновенной (*Viburnum opulus* L.) в АБС (2023–2024 гг.)**

Форма	Размеры кисти, см		Среднее количество плодов в кисти, шт.	Средний вес плодов, г	Размер плодов, см	
	длина	ширина			длина	диаметр
Бархотинская К (30-5)	5,68 ± 0,90	7,23 ± 0,74	31,7 ± 8,6	0,56 ± 0,05	0,75 ± 0,01	0,76 ± 0,01
Блестящая К (48-9)	5,02 ± 0,72	5,95 ± 0,76	24,9 ± 7,7	0,63 ± 0,03	0,90 ± 0,02	0,89 ± 0,01
Бордо К (30-8)	6,38 ± 1,32	6,66 ± 1,13	35,7 ± 7,8	0,51 ± 0,05	0,76 ± 0,01	0,79 ± 0,01
Бусинка К (24-7)	6,22 ± 0,73	6,69 ± 0,66	27,4 ± 7,1	0,61 ± 0,06	0,90 ± 0,01	0,89 ± 0,02
Дыхание осени К (23-6)	6,38 ± 1,32	6,66 ± 1,13	35,7 ± 12,8	0,57 ± 0,05	0,74 ± 0,02	0,80 ± 0,01
Жемчужное ожерелье К (33-7)	4,47 ± 0,47	5,71 ± 0,35	25,8 ± 4,6	0,55 ± 0,03	0,82 ± 0,02	0,80 ± 0,01
Золотистая К (45-7)	7,45 ± 0,50	7,34 ± 0,50	40,7 ± 6,9	0,60 ± 0,03	0,87 ± 0,02	0,87 ± 0,01
Кармен К (31-2)	4,47 ± 0,47	5,71 ± 0,35	25,8 ± 4,6	0,49 ± 0,03	0,80 ± 0,02	0,73 ± 0,01
Лучистая К (28-6)	6,38 ± 1,32	6,66 ± 1,13	35,7 ± 8,8	0,57 ± 0,04	0,79 ± 0,02	0,80 ± 0,01
Мелколистная К (45-2)	5,01 ± 0,75	6,01 ± 0,73	21,7 ± 5,2	0,57 ± 0,05	0,84 ± 0,02	0,81 ± 0,01
Невеста К (36-7)	6,24 ± 0,69	7,01 ± 0,68	36,3 ± 6,9	0,51 ± 0,04	0,86 ± 0,02	0,84 ± 0,01
Штамбовая К (45-1)	6,00 ± 0,66	7,11 ± 0,49	31,1 ± 5,4	0,50 ± 0,03	0,80 ± 0,02	0,82 ± 0,01
К (25-7)	4,18 ± 0,56	5,16 ± 0,48	21,2 ± 4,8	0,43 ± 0,05	0,84 ± 0,02	0,85 ± 0,01
К (25-8)	5,68 ± 0,90	7,23 ± 0,74	31,7 ± 6,6	0,55 ± 0,07	0,73 ± 0,02	0,74 ± 0,01
К (36-2)	4,00 ± 0,71	5,09 ± 0,86	15,6 ± 4,2	0,58 ± 0,03	0,82 ± 0,01	0,83 ± 0,01
К (22-6)	7,43 ± 0,50	7,55 ± 0,50	46,7 ± 9,9	0,49 ± 0,02	0,77 ± 0,02	0,79 ± 0,02
К (29-5)	5,13 ± 0,84	5,68 ± 0,74	24,9 ± 5,9	0,52 ± 0,05	0,84 ± 0,02	0,86 ± 0,01
К (36-2)	4,68 ± 0,96	5,54 ± 0,90	24,1 ± 5,6	0,42 ± 0,06	0,69 ± 0,01	0,70 ± 0,02
К (38-1)	5,37 ± 0,63	6,82 ± 0,07	25,6 ± 6,6	0,58 ± 0,06	0,76 ± 0,02	0,78 ± 0,01
К (41-1)	6,38 ± 1,32	6,66 ± 1,13	35,7 ± 7,8	0,57 ± 0,05	0,81 ± 0,02	0,80 ± 0,02
К (42-1)	4,47 ± 0,47	5,71 ± 0,35	25,8 ± 4,6	0,57 ± 0,03	0,80 ± 0,01	0,79 ± 0,01
К (43-1)	5,68 ± 0,90	7,23 ± 0,74	31,7 ± 8,6	0,54 ± 0,07	0,78 ± 0,02	0,77 ± 0,01
К (44-1)	5,68 ± 0,90	7,23 ± 0,74	34,1 ± 6,6	0,55 ± 0,06	0,46 ± 0,02	0,75 ± 0,01
К (43-3)	4,18 ± 0,56	5,16 ± 0,48	21,2 ± 4,8	0,43 ± 0,05	0,68 ± 0,01	0,67 ± 0,01
К (46-1)	6,31 ± 0,66	7,12 ± 0,49	30,8 ± 5,4	0,51 ± 0,03	0,82 ± 0,02	0,82 ± 0,01

В проведении селекционных работ по калине обыкновенной особую значимость обретает оценка питательной и витаминной ценности плодов, обладающих многосторонним физиологическим действием на организм человека. В качестве объектов исследований на БАВ было изучено 15 форм, по флавоноидному составу – 13 (табл. 2, 3).

Таблица 2. **Биохимические показатели плодов перспективных форм *Viburnum opulus* L.**

Форма	Витамин С, мг/%	Общий сахар, %	Титруемая кислотность, %	СКИ	Растворимые сухие вещества, %	Витамин B_9, мг/100 г	Витамин B_2, мг/100 г	Витамин B_{12}, мг/100 г
Блестящая (45-7)	–	9,4	1,88	5,00	17,2	122,48	–	–
Бусинка (24-7)	139,40	8,1	2,43	3,33	15,0	88,50	1,15	10,72
Лучистая (28-6)	211,53	7,8	2,04	3,82	14,4	110,07	1,29	6,89
Неженка (42-1)	137,87	9,6	2,17	4,42	18,0	120,94	1,60	5,90
Штамбовая (45-1)	346,85	9,6	2,77	3,47	17,7	193,24	1,13	11,52
К (34-5)	205,31	8,1	2,46	3,29	15,1	84,32	0,26	7,77
К (31-4)	116,18	7,7	2,21	3,48	14,4	75,72	1,43	8,44
К (27-4)	209,64	8,7	1,89	4,60	16,1	118,00	1,00	6,00
К (45-2)	145,85	7,7	2,14	3,60	14,3	64,96	1,68	5,06
К (28-2)	209,14	8,2	2,16	3,80	15,2	73,96	1,20	9,84
К (22-5)	215,17	7,4	1,87	3,96	13,7	114,50	1,30	9,00

Окончание таблицы 2

Форма	Витамин С, мг/%	Общий сахар, %	Титруемая кислотность, %	СКИ	Растворимые сухие вещества, %	Витамин B_9, мг/100 г	Витамин B_2, мг/100 г	Витамин B_{12}, мг/100 г
К (23-6)	127,90	8,7	1,99	4,37	16,1	82,03	1,29	8,74
К (27-5)	140,87	7,7	1,76	4,38	13,9	116,78	1,37	6,90
К (23-8)	146,68	8,7	2,23	3,90	16,1	105,41	0,99	8,43
К (35-4)	243,47	7,9	2,34	3,38	14,5	194,16	1,26	6,75
Среднее значение	185,42	8,3	2,16	3,92	15,4	111,00	1,26	7,99

Таблица 3. **Флавоноидный состав плодов *Viburnum opulus* L.**

Форма	Содержание флавоноидов (мг/100 г)					
	Гиполаэтин	Рутин	Апигенин	Гиперозид	Галловая кислота	Робинин
Бархотинская (30-5)	0,226	19,321	0	0,143	0,419	4,171
Дыхание осени (23-6)	0,227	4,298	0	0	0,182	4,124
Жемчужное ожерелье (32-8)	0,252	18,478	0	0,225	1,254	9,874
Лучистая (28-6)	0,476	8,581	0	0	0	3,393
Неженка (42-1)	0,441	5,326	0,246	0,075	0,241	6,334
Штамбовая (45-1)	0,334	15,852	0	0	0,508	8,524
К (31-6)	0	5,244	0	0	0,183	0,918
К (38-7)	0,369	19,421	0	0	0,191	5,429
К (39-1)	0,357	7,124	0	0	0,249	7,854
К (46-8)	0,334	8,374	0	0	0,266	2,443
К (28-6)	0	1,957	0	0,251	0,652	5,421
К (46-1)	0,148	17,759	0,135	0	1,137	10,215
К (37-2)	0	7,985	0,087	0	0,119	9,867
Среднее значение	0,316	10,748	0,156	0,174	0,450	6,044

Содержание витамина С в плодах перспективных форм этого вида варьирует в очень широких пределах – от 116,18 мг/% у формы К (31-4) до 346,85 мг/% у формы Штамбовая К (45-1), что позволило распределить исследуемые формы по трем классам: с низкими значениями, средними и высокими. Среднее значение равно 185,42 мг/%. Коэффициент вариации – 33,44 %.

Содержание сахара между формами варьирует незначительно – от 7,4 до 9,6 %. Среднее значение по этому показателю у анализируемых форм равно 8,3 %. Это вещество варьирует у изученных форм на низком уровне изменчивости, коэффициент вариации равен 8,71 %. Повышенное содержание общего сахара (от 8,5 %) зафиксировано у шести форм: Блестящая (45-7), Штамбовая (45-1), К (27-4), Неженка (42-1), К (23-6), К (23-8).

Основное внимание при отборе форм *Viburnum opulus* L. направлено на поиск форм с пониженным содержанием в плодах титруемых кислот – ниже 2,25 %, при повышенном содержании растворимых сахаров – больше 8,5 %. Кислотность варьирует на среднем уровне изменчивости, коэффициент вариации – 13,48 %. Вариации составляют 1,76–2,77 %. Среднее значение равно 2,16 %. Интерес по этому веществу представляют девять форм, у которых кислотность от 1,76 до 2,26 %.

Для улучшения вкуса немаловажную роль играет СКИ, его высокие значения наблюдаются у пяти форм: Блестящая (45-7), К (27-4), Неженка (42-1), К (23-6), К (27-5). Среднее значение по формам составляет 3,92. СКИ варьирует на среднем уровне изменчивости, коэффициент вариации равен 13,38 %.

Известно, что повышенное содержание растворимых сухих веществ (РСВ) в плодах уменьшает расход сырья на единицу произведенной продукции. Принято считать, что чем выше содержание РСВ в плодах, тем выше качество выпускаемых продуктов переработки [8]. По сухим веществам вариации незначительны – от 13,7 % у формы К (22-5) до 18,0 % у формы Неженка (42-1). Среднее значение по анализируемому признаку равно 15,4 %, коэффициент вариации – 8,85 % – соответствует низкому уровню изменчивости. При сравнении табличных данных по биохими-

ческому составу плодов калины лучшей формой по шести позициям признана Штамбовая (45-1), по пяти – К (23-6), по четырем – Неженка (42-1) и К (23-8).

Водорастворимый витамин B_9 (фолиевая кислота) играет большую роль в клеточном метаболизме, необходим для роста и развития кровеносной и иммунной систем человека. Значительно высокое накопление витамина B_9 отмечено у форм Штамбовая К (45-1) – 193,24 мг/100 г и К (35-4) – 194,16 мг/100 г. Его варьирование – от 64,96 мг/100 г у формы К (45-2) до 194,16 мг/100 г у формы К (35-4). Среднее значение равно 111,00 мг/100 г. Коэффициент вариации – 34,75 %. Низкое содержание этого витамина (64,9–107,9 мг/100 г) отмечено у 40,0 % форм, среднее (108,0–150,9 мг/100 г) – у 46,6 %.

Витамин B_2 (рибофлавин) – один из наиболее важных водорастворимых коферментов многих биохимических процессов. По его накоплению значительных различий нет, вариативность – в пределах 0,26–1,68 мг/100 г. Среднее значение равно 1,26 мг/100 г. Коэффициент вариации – 17,03 %. По этому витамину распределение форм проведено на два класса: с высокими значениями (1,37 мг/100 г и выше) – четыре формы и невысокими (1,36 мг/100 г и ниже) – десять.

Наиболее высокое содержание витамина B_{12} отмечено у форм Штамбовая (45-1) – 11,52 мг/100 г и Бусинка (24-7) – 10,72 мг/100 г. По этому витамину диапазон варьирования составил 5,06–11,52 мг/100 г. Среднее значение равно 7,99 мг/100 г. Коэффициент вариации – 23,58 %. По витамину B_{12} отмечено почти равномерное распределение форм на два класса: с высокими значениями (8,32 мг/100 г и выше) – семь форм и невысокими (8,31 мг/100 г и ниже) – семь.

Гиполаэтин из исследованных 13 форм плодов *Viburnum opulus* L. обнаружен в следовых количествах 0,148–0,476 мг/100 г у десяти форм, отсутствует в трех. Максимальное накопление (выше 0,29 мг/100 г) отмечено у шести форм. Большим содержанием этого вещества (0,476 мг/100 г) отличается форма Лучистая К (28-6). Среднее значение по формам равно 0,316 мг/100 г.

Среди изученных компонентов биофлавоноидного комплекса доминирующее положение занимает рутин, вариации – от 1,957 до 19,421 мг/100 г. Среднее значение равно 10,748 мг/100 г.

Этот флавоноид варьирует на высоком уровне изменчивости, коэффициент вариации – 42,42 %. По этому химическому веществу, как и для всех флавоноидов, распределение форм проведено на два класса: с высокими значениями (9,69 мг/100 г и выше) – пять форм и невысокими (9,68 мг/100 г и ниже) – восемь. Максимальное накопление (15,852–19,421 мг/100 г) отмечено у форм К (38-7) – 19,421 мг/100 г, Бархотинская (30-5) – 19,321, Жемчужное ожерелье (32-8) – 18,478, К (46-1) – 17,759, Штамбовая К (45-1) – 15,852 мг/100 г.

Апигенин присутствует в незначительном количестве у трех форм Неженка К (42-1) – 0,246 мг/100 г, К (46-1) – 0,135, К (37-2) – 0,087 мг/100 г.

Гиперозид обнаружен в следовых количествах только у третьей части образцов: К (28-6) – 0,251 мг/100 г, Жемчужное ожерелье (32-8) – 0,225, Бархотинская (30-5) – 0,143, Неженка (42-1) – 0,075 мг/100 г. Кемпферол у калины не обнаружен.

Галловая кислота в исследуемых образцах *Viburnum opulus* L. представлена в следовых количествах, вариации – от 0,119 мг/100 г у формы К (37-2) до 1,254 мг/100 г у формы Жемчужное ожерелье (32-8). Несмотря на совсем малый разброс изменчивость этого флавоноида высокая, коэффициент вариации – 41,0 %. Среднее значение по формам составляет 0,450 мг/100 г. У формы Лучистая (28-6) ее нет. Высокое содержание этой кислоты (выше 0,65 мг/100 г) отмечено у трех форм: Жемчужное ожерелье (32-8) – 1,254 мг/100 г; К (28-6) – 0,652; К (46-1) – 1,137 мг/100 г.

Робинин в исследуемых образцах также варьирует значительно – от 0,918 мг/100 г у формы К (31-6) до 10,215 мг/100 г у формы К (46-1). Среднее значение по анализируемым формам равно 6,044 мг/100 г. Изменчивость высокая, коэффициент вариации – 41,34 %. Высокое содержание (выше 5,56 мг/100 г) отмечено почти у половины форм: Неженка К (42-1) – 6,334 мг/100 г, К (39-1) – 7,854 мг/100 г, Штамбовая (45-1) – 8,524, К (37-2) – 9,867, Жемчужное ожерелье (32-8) – 9,874, К (46-1) – 10,215 мг/100 г.

Анализируя данные по флавоноидному составу плодов лучшими признаны Жемчужное ожерелье (32-8) по пяти веществам, Неженка (42-1), К (28-6), К (46-1) – по трем. В форме Жемчужное

ожерелье К (32-8) среди изученных компонентов биофлавоноидного комплекса доминирующее положение занимают рутин – 18,478 мг/100 г и робинин – 9,874 мг/100 г. В незначительных количествах представлены галловая кислота – 1,254 мг/100 г, гиперозид – 0,225 мг/100 г, гиполаэтин – 0,252 мг/100 г. По качественному составу флавоноидов у форм *Viburnum opulus* L. выделены вещества по шести позициям. По количественному составу получены следующие данные: высоким количеством рутина отличаются пять форм – К (38-7), Бархотинская (30-5), Жемчужное ожерелье (32-8), Штамбовая (45-1), К (46-1); робинина – семь – Неженка К (42-1), К (39-1), Жемчужное ожерелье (32-8), Штамбовая (45-1), К (28-6), К (46-1), К (37-2); галловой кислоты – три – Жемчужное ожерелье (32-8), К (28-6), К (46-1); гиполаэтина – семь – К (38-7), Неженка К (42-1), Лучистая (28-6), К (39-1), К (46-8), Жемчужное ожерелье (32-8), Штамбовая (45-1); гиперозида – две – Жемчужное ожерелье (32-8) и К (28-6); апигенина – одна – Неженка К (42-1).

ВЫВОДЫ

Изучены эколого-биологические особенности, изменчивость вегетативной и генеративной сфер у 28 форм калины обыкновенной в культуре, получены данные об их высокой адаптационной способности. По хозяйственным, декоративным признакам и биохимическим показателям отобрано 9 форм калины: Лучистая (28-6), Жемчужное ожерелье (33-7), Блестящая (48-9), Штамбовая (45-1), Мелколистная (45-2), Орбита (42-1), Невеста (36-7), Золотистая (45-7), Бордо (30-8).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Биохимический состав плодов форм *Viburnum opulus* L., произрастающих в Полесье и Лесостепи Украины / Д. К. Шапиро, И. Р. Кисилевский, П. А. Мороз [и др.] // Растительные ресурсы. – 1992. – № 28 (2). – С. 54–63.

2. Lipid composition of viburnum and barberry fruits / G. N. Dubtsova, A. A. Lomakin, E. M. Azimkova [et al.] // IOP conference series: earth and environmental science. – 2021. – Vol. 640. – № 4. – С. 042002.

3. Эколого-биологические и морфологические особенности калины обыкновенной (*Viburnum opulus*) в Западном Алтае / Т. А. Вдовина, А. Н. Данилова, О. А. Лагус [и др.] // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2024. – Т. 23. – № 2. – С. 30–35.

4. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / М-во сел. хоз-ва СССР, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т садоводства им. И. В. Мичурина ; редкол.: Г. А. Лобанов [и др.] ; под общ. ред. Г. А. Лобанова. – Мичуринск : ВНИИС, 1980. – 531 с.

5. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: Е. Н. Джигадло [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.

6. Vdovina, T. A. To the methodology for the study of intraspecific variability and selection of wild forms of *Viburnum opulus* L. / T. A. Vdovina, O. A. Lagus // Вестник КарГУ. Серия «Биология. Медицина. География». – 2023. – № 4 (112)/2023. – С. 138–145. – DOI: 10.31489/2023BMG4/138–145.

7. Бондарцев, А. С. Шкала цветов (пособие для биологов при научных и научно-прикладных исследованиях) / А. С. Бондарцев. – М. – Л. : Изд-во Акад. наук СССР, 1954. – 28 с.

8. Мамаев, С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений / С. А. Мамаев. – М. : Наука, 1973. – 284 с.

9. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1979. – 412 с.

10. Зайцев, Г. Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г. Н. Зайцев. – М. : Наука, 1973. – 256 с.

BIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF FRUITS OF THE EUROPEAN CRANBERRYBUSH – *VIBURNUM OPULUS* L. IN CULTIVATION (ALTAY BOTANICAL GARDEN)

T. A. VDOVINA, O. A. LAGUS, ZH. E. AYMENOVA

Abstract

This article presents the results of a study on the ecological and biological characteristics of the European cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) in an introduction population established in 2013 using three-year-old seedlings. The introduction population comprises 28 forms and 71 plants from four habitats of the Western Altai. Morphometric parameters of vegetative and

generative structures are described. Variability was studied across 25 key traits at both the endogenous and individual levels. Individual variability was assessed in separate specimens, while endogenous variability involved analyzing morphological and agronomic traits within the crown of a single plant. High variability was observed in the following traits: shrub height, cluster size, number of flowers and fruits per cluster, and fruit weight. Biochemical analyses revealed data on the accumulation of vitamins and flavonoids in the fruits. The accumulation of biologically active compounds (BACs) and flavonoids was influenced by both genotype and environmental conditions. Combining key agronomic and biological traits with optimal biochemical composition of the fruits (in terms of BACs and flavonoids) allowed the selection of the forms Shtambovaya (45-1) and Zhemchuzhnoye Ozherele (32-8) for comprehensive practical use.

Keywords: biochemical composition, Western Altai, introduction population, European cranberrybush, fruits, form.

Поступила в редакцию 06.03.2025

УДК 634.8:581.143.6

ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ СЕМЯН ВИНОГРАДА РАЗНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ *IN VITRO*

И. А. ПАВЛОВА

ФГБУН «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН»,
ул. Кирова, 31, г. Ялта, Республика Крым, 298600, Россия,
e-mail: pavlovairina1965@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Разработана технология культивирования зародыша *in vitro* без вычленения из семени. Фрагмент оболочки семени с прилегающими к зародышу тканями защищает зародыш от резкого воздействия питательной среды, что способствует снижению стрессовой нагрузки и постепенной его адаптации. Выявлен ряд общих особенностей прорастания семян, роста и развития растений: продолжительный период прорастания; большая доля аномальных проростков в потомстве; встречаемость полиэмбрионии; высокая степень летальности растений на ранних стадиях формирования. Путь реализации морфогенетического потенциала зависел от генотипа, морфологии проростка и гормонального стимулирования процессов роста и развития. Прямой морфогенез наблюдался у проростков, имеющих выраженное подсемядольное колено и семядольные листья. Манипулирование концентрациями БАП позволяло регулировать ход формирования растения: его непосредственное развитие; пролиферация множественных побегов с последующим их укоренением; формирование побегов из каллусной ткани посредством геммогенеза, эмбриоидогенеза. Чем менее жизнеспособно потомство, тем бóльшая доля растений развивается посредством непрямого морфогенеза. Четыре сорта винограда раннего срока созревания селекции института «Магарач» получены с помощью разработанной технологии.

Ключевые слова: морфогенез, БАП, зародыш, проросток, растение, кластер, полиэмбриония.

ВВЕДЕНИЕ

Различные технологии, позволяющие индуцировать развитие зиготического зародыша, извлеченного из оплодотворенной семяпочки, объединяют под понятием «эмбриоспасение» [1]. В настоящее время они широко используются в программах селекции столового винограда, обеспечивая относительно высокую частоту развития зародыша, способствуя повышению эффективности селекции на тетраплоидном и гипотетраплоидном уровне [2, 3]. Стеноспермокарпические сорта винограда используют в качестве материнской формы в скрещиваниях с семенными и бессемянными опылителями [4–8]. Эффективность технологии зависит от генотипов родительских пар, периода после опыления, среды культивирования, биологически активных веществ, условий культивирования. Для ускорения отбора по признаку бессемянности на ювенильной стадии и повышения эффективности селекции в последнее время применяется отбор с помощью молекулярных маркеров [9].

В институте «Магарач» разработана технология культивирования зародыша без вычленения из семени [10, 11]. Сегмент оболочки семени с прилегающими к зародышу тканями защищает зародыш от резкого воздействия питательной среды, что способствует снижению стрессовой нагрузки и постепенной его адаптации. Данная технология успешно применялась для получения жизнеспособного потомства у стеноспермокарпических семян, неполноценных семян раннеспелых сортов винограда, полученных в результате гибридизации или инцухта.

Вследствие открывшихся возможностей отбора бессемянных форм с помощью молекулярных методов диагностики возникла очевидная необходимость в обобщении результатов исследований по индукции морфогенеза и получения генеративного жизнеспособного потомства в системе *in vitro* для дальнейшего использования в селекции на бессемянность и раннеспелость.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для исследований были семена винограда, полученные в результате гибридизации стеноспермокарпических и раннеспелых сортов с бессемянными и семенными

опылителями (37 популяций, 1200 семян). Семена культивировали в соответствии с разработанной методикой [10, 11]. Их выделяли из ягод, обрабатывали холодом в течение 30 дней при температуре +5 °С. Стерилизацию семян осуществляли 96%-ным спиртом-ректификатом в течение 40 с, затем 0,1%-ным диоцидом – 8 мин с последующей трехкратной промывкой автоклавированной дистиллированной водой на протяжении 10 мин. В условиях ламинарного бокса после стерилизации и механической манипуляции по отсеканию халазальной части сегмент семени с зародышем вводили в культуру и культивировали на модифицированной среде Нича и Нича (Nitsch and Nitsch (NN), 1969), содержащей (в мг/л): NH_4NO_3 − 720; KNO_3 − 950; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ − 185; KH_2PO_4 − 85; $CaCl_2$ − 166; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ − 28; Na_2ЭДТА $\cdot H_2O$ − 37; $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ − 25; H_3BO_3 − 10; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ − 10; $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ − 0,25; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ − 0,025; витамины: никотиновая кислота − 0,5; пиридоксин-HCl − 5,5; тиамин-HCl − 5,5; мезоинозит − 100; сахароза − 20 000; агар-агар − 7000. Содержание в среде 6-бензиламинопурина (БАП) – 0,5 мг/л [12]. Культивирование зародышей с сегментом семени проводили в темноте при +24…+25 °С. По мере прорастания семян проводили дальнейшие операции. Для последующего роста и развития проростков в стерильных условиях их пересаживали на среду Н, содержащую (в мг/л): NH_4NO_3 − 308; KNO_3 − 922; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ − 597; KH_2PO_4 − 122; $CaCl_2$ − 331; Fe-$SO_4 \cdot 7H_2O$ − 28, Na_2ЭДТА $\cdot H_2O$ − 37; $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ − 22,3; H_3BO_3 − 6,2; $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ − 8,6; $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ − 0,25; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ − 0,025; $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ − 0,025; KJ − 0,83; мезо-инозит − 20; никотиновую кислоту − 0,5; пиридоксина-HCl − 0,2; тиамина-HCl − 0,1; сахарозу − 10 000; агар-агар − 7000 [11]. Среда была безгормональная или с добавлением гиббереллловой кислоты (ГА) в концентрации 0,25–0,30 мг/л. Для развития растений из аномальных проростков использовали среды Н с разным содержанием БАП: 0,20; 0,25; 0,40; 0,50 мг/л. Культивирование проростков, растений осуществляли на свету, при 16-часовом фотопериоде, интенсивностью 1500–2000 лк и температуре +27 °С. С целью сохранения полученного материала растения размножали микрочеренкованием (среда Н с 0,1 мг/л α-нафтилуксусной кислоты (НУК)), затем адаптировали и доращивали с использованием гидропонной культуры.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В процессе исследований получены растения в основном от стеноспермокарпических семян, относящихся к III категории бессемянности по классификации К. В. Смирнова [13]. Но даже единичные проростки и растения, полученные из семян II категории бессемянности, указывают на возможность дальнейшей работы с этой категорией бессемянных форм. На эффективность прорастания влиял срок изоляции семян. Критерием служило начало размягчения ягоды. Отдельные стеноспермокарпические сорта сохраняли некоторую долю жизнеспособных семян и в период физиологической зрелости ягоды [14]. Дифференциация стеноспермокарпических сортообразцов винограда по экспрессии в культуре семян *in vitro* позволила определить оптимальные исходные формы для проведения дальнейших экспериментов и селекционной работы. Например, в качестве материнских форм целесообразно использовать такие сорта, как Ялтинский бессемянный, Южнобережный, Венера и др. Высокие результаты прорастания семян и развития растений в условиях *in vitro* зафиксированы при использовании сорта Флора в качестве материнской формы в скрещиваниях [15].

В процессе исследований выявлены некоторые особенности прорастания семян винограда в условиях *in vitro*. Так, при прорастании из надрезанной части появлялись сначала семядольные листья, а затем уже подсемядольное колено и корешок, тогда как в норме из клювика появляется корешок, а затем подсемядольное колено, последними от семенной кожуры освобождаются семядольные листья (рис. 1). И если по каким-либо причинам зародыш самостоятельно неспособен к прорастанию, то отсекание халазальной части играет в этом процессе решающую роль. Такой путь прорастания характерен для большей части стеноспермокарпических семян. У ранних сортов 50 % семян прорастало обычным способом. Другой особенностью прорастания является нарушение ориентации в пространстве (тропизм), корешок растет вертикально вверх, а семядольные листья находятся на питательной среде. Это явление неоднократно наблюдалось при

прорастании стеноспермокарпических семян. Часто и после пересадки на новую среду растение сохраняло эту ориентацию, что приводило к гибели. У столового винограда семенные покровы более плотные, при обычном прорастании они не открывались, что не давало возможности развернуться семядольным листьям. Механическое удаление покровов затруднено, в дальнейшем это приводило к усыханию подсемядольного колена и гибели растения.

а *б*

Рис. 1. Прорастание: *а* – стеноспермокарпических семян; *б* – семян раннеспелого сорта

У раннеспелых сортов наблюдался в основном прямой морфогенез, часть проростков развилась в растения в результате непосредственного роста осевых органов. Показатель прорастания в среднем составил 46,9 %. Отклонения от нормального развития, различные аномалии семядольных листьев, подсемядольного колена, каллусообразование, формирование множественных побегов, что характерно для проростков, развивающихся в условиях *in vitro*, фиксировали в единичных случаях. Растения развивались с крепким побегом, относительно крупной листовой пластинкой и мощной корневой системой. Отмечен высокий процент (71,1 %) развития растений от проростков. В отдельных случаях образования для растений требовалось пять этапов культивирования с индукцией образования кластеров почек (прямой органогенез) [16].

В ходе исследования установлено два пути реализации морфогенетического потенциала генеративного потомства винограда: прямой и непрямой (рис. 2).

Путь реализации морфогенетического потенциала генотипа зависел и от морфологии проростка. Прямой морфогенез наблюдался у проростков с выраженным гипокотилем и семядольными листьями. Доля таких проростков в потомстве стеноспермокарпических семян была невелика, их дальнейшее развитие проходило без гормональной стимуляции. Проростки с аномальным строением осевых органов чувствительны к содержанию БАП в культуре [14].

Прямой морфогенез у аномальных проростков, при котором формировался один или несколько побегов, наблюдался на средах с 0,25 мг/л БАП. У отдельных аномальных проростков формирование растений путем непрямого морфогенеза отмечали после снижения в пассажах концентрации БАП с 0,5 до 0,25 мг/л (рис. 2). Непрямой морфогенез, при котором формировались кластеры вторичных эмбриоидов, происходил после нескольких субкультур на средах с 0,5, 0,4 и 0,2 мг/л БАП. Образование побегов индуцировали на отдельных структурах кластеров путем длительного культивирования субкультур на средах с 0,4 мг/л БАП (рис. 3).

В ходе исследований обнаружено явление полиэмбрионии, которое у винограда встречается и в полевых условиях, однако крайне редко. Оно было характерно как для стеноспермокарпических семян, так и семян раннеспелых сортов. В комбинациях, где Ялтинский бессемянный являлся материнской формой, экспрессия полиэмбрионии проявилась наиболее значительно. В ходе культивирования множественных проростков наблюдалась высокая степень летальности. Из двух проростков обычно продолжал дальнейший рост и развитие только один. Множественные проростки в большей части имели аномальное строение, часто образовывали кластеры (рис. 4).

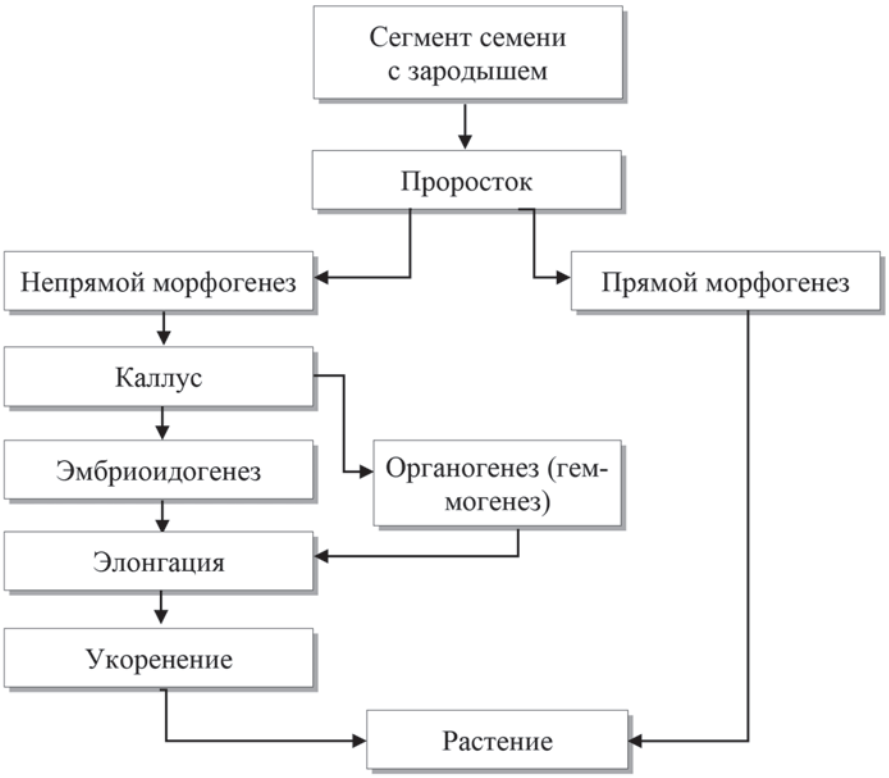


Рис. 2. Схема реализации морфогенетического потенциала семенного потомства винограда

Рис. 3. Развитие аномальных и множественных проростков винограда

а *б*

Рис. 4. Развитие полиэмбрионных семян винограда:
а – множественные проростки; *б* – кластеры вторичных эмбриоидов

Культивирование в условиях *in vitro* позволило создать не только оптимальные условия для проращивания семян, но и способствовало регулированию процессов роста и развития, путей морфогенеза. Чем менее жизнеспособное потомство, тем бóльшая доля растений развивается посредством непрямого морфогенеза в результате образования каллуса с последующей регенерацией в направлении органогенеза или эмбриоидогенеза.

Полученные в ходе исследований растения перед адаптацией размножали *in vitro* микрочеренкованием, затем уже полученные таким образом саженцы новых гибридных форм адаптировали к условиям *ex vitro* и доращивали до стандартных размеров (рис. 5). Изучение новых селекционных форм на селекционных участках позволило выделить перспективные столовые и бессемянные гибриды винограда. В настоящее время в перечне сортов селекции института «Магарач» четыре сорта винограда раннего срока созревания, полученные вследствие культивирования семян *in vitro*: Солнечная гроздь, Мускат Крыма, Черноморец, Заря.

Рис. 5. Растение винограда, полученное в культуре из стеноспермокарпического семени *in vitro* и *ex vitro*

Таким образом, проведенный анализ результатов исследований показал, что селекция винограда на бессемянность и раннеспелость остается востребованной и технологичной, а с использованием молекулярно-генетических методов диагностики позволит еще в культуре выделить бессемянные формы. Данные исследования в институте «Магарач» проведены при изучении гибридных популяций винограда в полевых условиях [17]. Применение в перспективе маркер-ассоциированной селекции на бессемянность при отборе в гибридных популяциях *in vitro* даст воз-

можность полностью исключить семенные гибридные формы винограда из опытных популяций и соответственно сократить занимаемые площади, трудовые и энергетические ресурсы в 2 раза на период от 3–4 лет и более.

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ результатов исследований показал, что в селекции винограда на бессемянность и раннеспелость для получения жизнеспособного потомства целесообразно использование разработанного способа, который включает культивирование зародыша с сегментом семени, полученного в результате отсечения халазальной части, в контролируемых условиях *in vitro* на модифицированных средах. Путь реализации морфогенетического потенциала гибридного потомства в системе *in vitro* зависел от генотипа, морфологии проростка и гормонального стимулирования процессов роста и развития. Чем менее жизнеспособно потомство, тем бóльшая доля растений развивается посредством непрямого морфогенеза, что необходимо учитывать в дальнейшем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. The state-of-the-art of grapevine biotechnology and new breeding technologies (NBTS) / L. D. Costa, M. Malnoy, D. Lecourieux [et al.] // OENO One. – 2019. – Vol. 53, № 2. – P. 205–228. – DOI: 10.20870/oeno-one.2019.53.2.2405.

2. The process of embryo abortion of stenospermocarpic grape and it develops into plantlet *in vitro* using embryo rescue / S. Li, K. Liu, S. Yu [et al.] // Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC). – 2020. – Vol. 143. – P. 389–409. – DOI: 10.1007/s11240-020-01926-y.

3. Ismail, A. S. M. *In vitro* embryo rescue of flame seedless grape / A. S. M. Ismail, E. H. El-Bassel, Bahan M. Khalil // American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science. – 2021. – Vol. 21, № 2. – P. 98–107. – DOI: 10.5829/idosi.aejaes.2021.98.107.

4. *In vitro* embryo rescue for the production of hypotetraploids after cross between hypotetraploid and tetraploid grape cultivars / S. H. Kim, J. H. Kwon, Y. S. Park, J. Y. Heo // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. – 2020. – Vol. 48, № 1. – P. 503–508. – DOI: 10.15835/nbha48111795.

5. The correlation between embryo rescue and hormonal changes in seedless grapes / G. Li, K. Li, Yi. Lu [et al.] // Frontiers in Plant Science. – 2024. – Vol. 15. – P. 1460886. – DOI: 10.3389/fpls.2024.1460886.

6. An optimized procedure for plant recovery from somatic embryos significantly facilitates the genetic improvement of *Vitis* / Z. T. Li, K.-H. Kim, S. A. Dhekney [et al.] // Horticulture Research. – 2014. – Vol. 27. – P. 1–7. – DOI: 10.1038/hortres.2014.27.

7. Study on improving plantlet development and embryo germination rates in *in vitro* embryo rescue of seedless grapevine / Y. T. Jiao, Z. Q. Li, K. Y. Xu [et al.] // New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. – 2018. – Vol. 46. – P. 39–53. – DOI: 10.1080/ 01140671.2017.1338301.

8. *In vitro* germination to overcome dormancy in seeds of 'Red Globe', 'Italia' and 'Niagara Rosada' grapes / A. L. Generoso, A. P. Viana, V. S. Carvalho, O. D. Costa Júnior // Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal. – 2019. – Vol. 41. – P. 1–6. – DOI: 10.1590/0100-29452019495.

9. Breeding for cold-resistant, seedless grapes from Chinese wild *Vitis amurensis* using embryo rescue / Q. Liu, J. Zhang, Y. Wang [et al.] // New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. – 2016. – Vol. 44. – № 2. – P. 136–151. – DOI: 10.1080/01140671.2016.1153489.

10. Патент 17919A, МПК 6 A01H4/00, A01H1/04. Спосіб вирощування рослин з важко пророщуваного насіння і відбору стійких генотипів на рівні зародків : № 95010191 : заявлено 11.01.1995 : опубл. 03.06.1997 / Зленко В. А., Котіков І. В., Трошин Л. П., Павлова І. О. ; заявники : Зленко В. А., Котіков І. В., Трошин Л. П., Павлова І. О. – 2 с.

11. Деклараційний патент на корисну модель № 14365. Спосіб отримання рослин винограду від вихідних форм з низькою фертильністю : № 10662 : заявлено 11.11.2005 : опубл. 15.05.2006 / Павлова І. О., Клименко В. П. ; заявники : Павлова І. О., Клименко В. П. – 2 с.

12. Nitsch, J. P. Haploid plants from pollen grains / J. P. Nitsch, C. Nitsch // Science. – 1969. – № 163. – P. 85–87.

13. Смирнов, К. В. Бессемянность у винограда и селекция бессемянных сортов / К. В. Смирнов // Проблемы виноградарства. Итоги науки и техники ВИНИТИ. Серия растениеводство. – 1979. – Т. 4. – С. 3–49.

14. Павлова, И. А. Преодоление нежизнеспособности гибридных семян при стеноспермокарпии у винограда / И. А. Павлова, В. П. Клименко // Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія Біологія. – 2009. – Вип. 3 (18). – С. 69–74.

15. Павлова, И. А. Селекция столового винограда на раннеспелость с применением методов *in vitro* / И. А. Павлова, В. В. Лиховской // «Магарач». Виноградарство и виноделие. – 2013. – № 4. – С. 4–6.

16. Влияние генотипа и регуляторов роста на развитие растений из зиготических зародышей недоразвитых семян винограда в культуре *in vitro* / В. А. Зленко, И. А. Павлова, В. П. Клименко [и др.] // «Магарач». Виноградарство и виноделие. – 2023. – Т. 25, № 4. – С. 334–339. – DOI: 10.34919/IM.2023.90.97.

17. Концептуальное развитие генетики и селекции винограда / В. В. Лиховской, В. А. Волынкин, А. А. Полулях [и др.] // Бюллетень ГНБС. – 2024. – Вып. 152. – С. 57–65.

SUMMARY OF *IN VITRO* CULTIVATION RESULTS OF GRAPE SEEDS OF DIFFERENT ORIGINS

I. A. PAVLOVA

Abstract

A technology for *in vitro* embryo cultivation without extraction from the seed has been developed. A seed coat fragment with tissues adjacent to the embryo protects it from abrupt exposure to the culture medium, reducing stress and promoting gradual adaptation. Several common features of seed germination, seedling growth, and plant development were identified: a prolonged germination period; a high proportion of abnormal seedlings; occurrence of polyembryony; and a high rate of plant lethality at early developmental stages. The pathway for realization of morphogenetic potential depended on genotype, seedling morphology, and hormonal stimulation of growth and development processes. Direct morphogenesis was observed in seedlings with a well-developed hypocotyl and cotyledonary leaves. Manipulation of BAP concentrations enabled control over the plant formation process, including: direct plant development, proliferation of multiple shoots followed by rooting, and shoot formation from callus tissue via gemmogenesis or embryoidogenesis. The less viable the progeny, the more frequently plants developed through indirect morphogenesis. Four early-maturing grape cultivars bred by the Magarach Institute were obtained using the developed technology.

Keywords: morphogenesis, BAP, embryo, seedling, plant, cluster, polyembryony.

Поступила в редакцию 03.03.2025

Раздел 3

КАЧЕСТВО, ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ПЛОДОВО-ЯГОДНОЙ ПРОДУКЦИИ

УДК 634.11:631.526.32:631.563

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПЛОДОВ КОЛОННОВИДНОЙ ЯБЛОНИ И ИХ СОХРАНЯЕМОСТИ

Т. П. ГРУШЕВА, М. Ю. ГАНУСЕНКО, Г. А. НОВИК, Д. И. МАРЦИНКЕВИЧ

РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by

АННОТАЦИЯ

В 2023–2024 гг. в отделе хранения и переработки РУП «Институт плодоводства» проведено сравнительное изучение показателей качества и сохранности плодов колонновидной яблони при хранении в обычной газовой среде при температуре +3...+5 °С.

Объектами исследований являлись плоды колонновидной яблони шести сортов (Валюта, Московское ожерелье, Гирлянда, Созвездие, Лукомор, Янтарное ожерелье), выращенные в опытном саду отдела питомниководства РУП «Институт плодоводства».

В результате проведенных исследований установлены различия по форме и массе плодов. По величине плодов рассматриваемые сорта отнесены к среднеплодным, средняя масса плодов варьировала от 125,0 до 152,0 г.

По завершении периода хранения, после 140 дней, отмечен наибольший выход здоровых плодов у сортов Лукомор, Янтарное ожерелье и Валюта (92,7–94,0 %) и наименьшее количество плодов, пораженных грибными болезнями (2,5–5,1 %).

Наибольший процент гнили отмечен у сортов Созвездие и Гирлянда (9,0–10,0 %), выход здоровых плодов составил 87,8 и 87,2 % соответственно.

Ключевые слова: яблоня колонновидная, плоды, хранение, естественная убыль массы, грибные заболевания, физиологические расстройства, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Полученные за последнее время результаты исследования биологических особенностей колонновидных сортов яблони доказали перспективность их выращивания [1–3]. Но наряду с увеличением объема производства колонновидной яблони важной задачей является сохранение качества плодов. Товарные и потребительские качества плодов имеют решающее значение при оценке перспективности сорта для широкого внедрения в производство [4].

Большинство интродуцированных сортов проявляют недостаточную адаптивность к основным природным стресс-факторам, нередко страдают от эпифитотий основных грибных заболеваний, от ранних морозов осенью или в начале зимы, резких колебаний температуры в зимние и ранневесенние месяцы, поздневесенних возвратных заморозков и тем самым снижают продуктивность и качество плодов [5].

Для поддержания конкурентоспособности новых колонновидных сортов производителям плодов недостаточно получать только высокий урожай, они должны знать технологию как возделывания, так и длительного хранения, учитывающую биологические свойства сортов и условия их выращивания.

Качество плодов зависит от их химического состава, направленности и интенсивности обмена веществ. Оно формируется под влиянием многих факторов, связанных с сортовыми особенностями, условиями и технологией выращивания [6].

Продолжительность хранения плодов яблони непосредственным образом зависит от их сортовых особенностей. По периоду потребления среди колонновидных имеются зимние, осенние и летние сорта. Очень важно для зимних сортов правильно выбрать время съема плодов, своевременно снятые плоды должны иметь высокие товарные и вкусовые качества и при наступлении потребительской зрелости сохранять все достоинства сорта [7–9].

Исследования, проведенные нами ранее, показали, что выращенные в условиях Беларуси плоды колонновидной яблони пригодны для длительного хранения, а сорт Московское ожерелье характеризовался лучшими показателями сохраняемости [10].

В связи с пополнением коллекции колонновидных сортов яблони и выделением перспективных по зимостойкости и урожайности, возникла необходимость сравнительной оценки плодов по основным показателям качества и сохраняемости.

Цель исследований – оценить показатели качества плодов колонновидных сортов яблони и их сохраняемость.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являлись плоды шести сортов яблони колонновидной: Валюта, Московское ожерелье, Янтарное ожерелье, Лукомор (селекции ФГБНУ ВСТИСП, г. Москва), Созвездие, Гирлянда (селекции ФГБНУ ВНИИСПК, г. Орёл), выращенные в опытном саду отдела питомниководства.

Валюта (КВ6 × OR38T17). Деревья малогабаритные и компактные. Сорт *позднего* срока созревания. Зимостойкость высокая, иммунный к парше. Плоды средние и крупные (масса – 120–140 г, максимальная – 200 г), округлые по форме, красно-полосатые, блестящие. Плоды способны сохраняться до февраля.

Гирлянда [224-18 (SR 0523 × Важак) × 22-34-95 (814 × ПА-29-1-1-63)]. Деревья среднерослые. Сорт позднего срока созревания, зимостойкий, иммунный к парше. Плоды средней массы (130 г), мякоть плодов зеленоватая, средней плотности. Покровная окраска на большей части плода размытая, темно-красного цвета. Плоды способны сохраняться до февраля.

Созвездие [224-18 (SR 0523 × Важак) × 22-34-95 (814 × ПА-29-1-1-63)]. Деревья среднерослые. Сорт позднего срока созревания, зимостойкий, иммунный к парше. Плоды средней массы (120 г), мякоть плодов белая, средней плотности, мелкозернистая, сочная. Покровная окраска распространена по всему плоду в виде густого темно-красного румянца. Потребительский период плодов – с октября по декабрь.

Лукомор (КВ6 × OR38T17). Деревья с колонновидным типом кроны и спуровым типом плодоношения. Сорт позднего срока созревания, плоды средние – 110 г, максимальная масса – 200 г. Вкус кисловато-сладкий, со слабым ароматом. Плоды созревают в начале октября и хранятся до марта.

Московское ожерелье (свободное опыление сорта Важак). Деревья средней силы роста. Сорт позднего срока созревания, плоды средней массой 150–170 г, темно-красные, с плотной блестящей кожицей, вкус десертный, с преобладанием сладкого, с небольшой кислинкой, с приятным слабым ароматом.

Янтарное ожерелье (свободное опыление сорта Важак). Деревья средней силы роста. Сорт позднего срока созревания, плоды среднего размера – 120–140 г, желтые с небольшим румянцем, кисловато-сладкого вкуса, хранятся до апреля.

Товарность плодов определяли в момент уборки согласно СТБ 2288-2012 [11].

Для оценки показателей сохранности плодов колонновидной яблони был заложен опыт по хранению в обычных условиях (температура – +3...+5 °С и относительная влажность воздуха – 90–95 %). Повторность опыта четырехкратная. Продолжительность хранения составила 140 дней.

Степень зрелости плодов определяли способом йодкрахмальной пробы по Н. А. Целуйко (1969) [12].

Отбор проб и закладку на хранение плодов колонновидной яблони проводили согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (ВНИИСПК, Орёл, 1999) [13] и «Методическим рекомендациям по хранению плодов, овощей и винограда» [14].

Плоды снимали в стадии съемной зрелости, которую определяли по результатам йодкрахмальной пробы, и закладывали на хранение в холодильные камеры отдела хранения и переработки. Относительная влажность воздуха – 90–95 %. Предварительное охлаждение плодов перед закладкой на хранение производили в холодильных камерах в течение 12 ч при температуре +4…+6 °С.

Естественную убыль массы определяли методом фиксированных проб; выход товарной продукции и количество потерь при хранении – путем разбора на фракции учетных образцов и их последующего взвешивания. Размеры плодов измеряли штангенциркулем, массу плодов – методом взвешивания.

Твердость плодов определяли при закладке на хранение и после съема плодов с хранения с помощью пенетрометра с диаметром плунжера 11 мм, а плотность (удельную массу) плодов – с помощью прибора ИПП-1 конструкции Г. И. Левашенко.

Качество плодов колонновидной яблони по органолептическим показателям до и после хранения оценивали члены дегустационной комиссии РУП «Институт плодоводства».

Статистическую обработку полученных данных проводили методом однофакторного дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Существенным сортовым признаком плодов яблони является их форма. Форма определяется наибольшим поперечным диаметром и его положением относительно плода, а также отношением длины (высоты) плода к его наибольшей ширине (индекс формы) [15].

Наиболее желательной формой плодов считается округлая и плоскоокруглая, позволяющая более экономично использовать упаковку и емкость плодохранилищ. Тем не менее в производстве допустимы плоды от плоской до конической формы. Плоды одного и того же сорта с одного дерева могут различаться по форме, которая тем не менее является типичной для данного сорта.

Изучаемые нами сорта по форме разделены на две группы [16]:

округлые (индекс формы – 0,82–0,89) – характерны для сортов Лукомор, Валюта, Московское ожерелье, Янтарное ожерелье;

плоскоокруглые (индекс формы – 0,79 и ниже) – у сортов Созвездие, Гирлянда (табл. 1).

В результате проведенных исследований нами были установлены различия по массе плодов среди колонновидных сортов, которая варьировала от 103,0 до 193,0 г (табл. 1).

Таблица 1. **Размерно-массовые характеристики плодов колонновидной яблони (2023–2024 гг.)**

Сорт	Размеры плода, мм		Индекс формы	Масса плода, г		
	высота	диаметр		средняя	максимальная	минимальная
Валюта	60,0	71,0	0,84	152,0	193,0	128,0
Московское ожерелье	63,0	70,6	0,89	136,4	178,0	107,0
Созвездие	54,2	70,6	0,76	125,0	162,0	103,0
Гирлянда	59,6	78,0	0,76	132,0	170,0	103,0
Лукомор	55,8	67,7	0,82	129,0	154,0	114,0
Янтарное ожерелье	60,5	68,8	0,88	145,6	170,0	105,0

По величине плодов рассматриваемые сорта отнесены к среднеплодным, различия между максимальным и минимальным значением данного показателя составили 21,6 %. Наиболее крупные плоды были у сорта Валюта.

Выход здоровых плодов после 100 дней хранения для всех сортов был высоким (Лукомор, Валюта, Янтарное ожерелье – 96,3–98,0 %, Гирлянда – 95,5 %, Московское ожерелье – 95,0 %, Созвездие – 93,3 %) (табл. 2).

Естественная убыль массы в среднем по сортам составила 3,4 %. Минимальным данный показатель был у сорта Янтарное ожерелье (2,7 %), максимальная убыль отмечена у сортов Московское ожерелье и Созвездие (4,2–4,3 %).

Потери от грибных заболеваний были минимальными у сорта Янтарное ожерелье, Лукомор и Валюта (1,0–3,3 %) (табл. 2).

Таблица 2. **Показатели сохраняемости плодов колонновидной яблони после хранения в течение 100 дней (2023–2024 гг.), %**

Сорт	Естественная убыль	Здоровые плоды	Грибные заболевания	Физиологические расстройства
Валюта	3,2	96,7	3,3	0,0
Московское ожерелье	4,2	95,0	4,5	0,5
Гирлянда	2,9	95,5	4,5	0,0
Созвездие	4,3	93,3	6,2	0,5
Лукомор	3,0	96,3	3,2	0,5
Янтарное ожерелье	2,7	98,0	1,0	1,0
Среднее по сортам	*3,4*	*95,8*	*3,8*	*0,4*
$НСР_{0,05}$	0,09	0,10	0,10	–

У плодов сортов Московское ожерелье, Созвездие, Лукомор и Янтарное ожерелье при хранении в течение 100 дней отмечен минимальный процент физиологических расстройств (0,5–1,0 %). У сортов Валюта, Гирлянда физиологических расстройств не было.

По завершении периода хранения, после 140 дней, у сортов Лукомор, Янтарное ожерелье и Валюта отмечен наибольший выход здоровых плодов (92,7–94,0 %) и наименьшее количество гнили (2,5–5,1 %) (табл. 3).

Наибольший процент гнили отмечен у сортов Созвездие и Гирлянда (9,0–10,0 %), выход здоровых плодов у этих сортов составил 87,8 и 87,2 % соответственно.

У плодов всех изучаемых сортов при длительном хранении проявлялись физиологические расстройства. Наибольшие повреждения плодов загаром, увяданием отмечены у сортов Созвездие, Московское ожерелье, Янтарное ожерелье (3,2–3,6 %), у сортов Валюта, Лукомор отмечены незначительные проявления загара (2,0–2,2 %) (табл. 3).

Таблица 3. **Показатели сохраняемости плодов колонновидной яблони после хранения в течение 140 дней (2023–2024 гг.), %**

Сорт	Естественная убыль	Здоровые плоды	Грибные заболевания	Физиологические расстройства
Валюта	5,4	94,0	4,0	2,0
Московское ожерелье	5,3	90,1	6,4	3,5
Гирлянда	3,8	87,2	10,0	2,8
Созвездие	5,4	87,8	9,0	3,2
Лукомор	3,0	92,7	5,1	2,2
Янтарное ожерелье	3,2	93,9	2,5	3,6
Среднее по сортам	*4,4*	*90,9*	*6,2*	*2,9*
$НСР_{0,05}$	0,07	0,09	0,09	0,10

Анализ физических параметров плодов колонновидной яблони показал, что в момент съема показатели плотности и твердости по сортам составили 0,97 г/см^3 и 4,8 кг/см^2 соответственно. После хранения плотность плодов снизилась по всем изучаемым сортам в среднем на 2,1 %, твердость плодов – на 6,3 % (табл. 4).

Свежие плоды всех исследуемых сортов колонновидной яблони имели привлекательный внешний вид и окраску, сочную консистенцию, выраженный аромат и хорошие вкусовые качества.

Таблица 4. **Физические параметры плодов колонновидной яблони на момент съема и после хранения (2023–2024 гг.)**

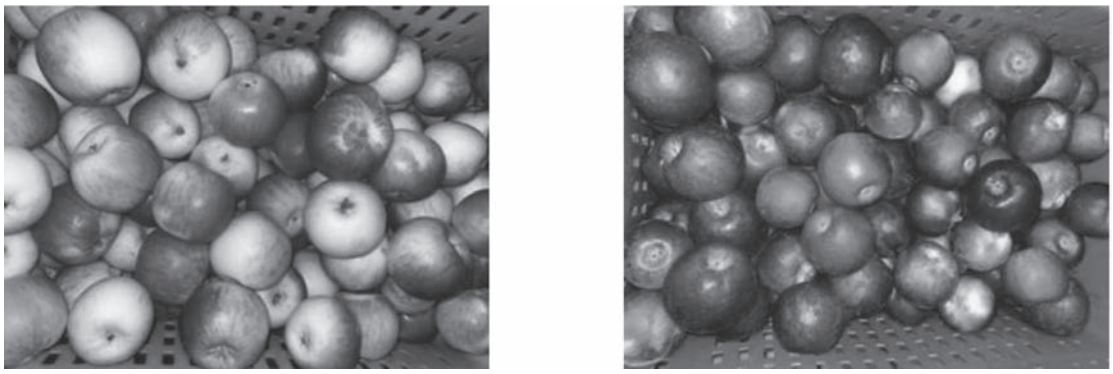
Сорт	Плотность, г/см^3		Твердость, кг/см^2	
	на момент съема	после хранения	на момент съема	после хранения
Валюта	0,98	0,95	5,3	5,2
Московское ожерелье	0,98	0,95	5,5	4,6
Гирлянда	0,98	0,95	4,4	4,2
Созвездие	0,97	0,95	3,9	3,7
Лукомор	0,98	0,95	4,9	4,6
Янтарное ожерелье	0,96	0,96	5,0	4,8
Среднее по сортам	*0,97*	*0,95*	*4,8*	*4,5*

Средняя органолептическая оценка опытных образцов плодов до хранения составила от 4,0 (Янтарное ожерелье) до 4,8 балла (Московское ожерелье, Созвездие) (рис. 1).

Рис. 1. Средняя органолептическая оценка плодов на момент съема и после хранения

Результаты общей органолептической оценки плодов после хранения показали снижение среднего дегустационного балла у сортов Валюта, Гирлянда, Созвездие, Янтарное ожерелье на 0,3 балла, у сорта Московское ожерелье – на 0,6 балла, кроме сорта Лукомор, у которого органолептические показатели после хранения стали выше на 0,4 балла.

У плодов сортов Московское ожерелье и Созвездие наблюдались изменения во внешнем виде, вследствие увядания, и в консистенции (плоды менее плотные, несочные), а у сортов Янтарное ожерелье, Лукомор и Валюта отмечены плоды, пораженные загаром (рис. 2).



а *б*

Рис. 2. Плоды колонновидных сортов яблони во время хранения: *а* – Валюта; *б* – Московское ожерелье

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлены различия по форме и массе плодов колонновидных сортов яблони. По величине плодов рассматриваемые сорта отнесены к среднеплодным, средняя масса плодов варьировала от 125,0 до 152,0 г, плоды имеют округлую и плоскоокруглую форму.

Отмечен высокий выход здоровых плодов после 100 дней хранения для всех изучаемых колонновидных сортов яблони (93,3–98,0 %). По завершении периода хранения (140 дней), наибольший выход здоровых плодов (92,7–94,0 %) и наименьшее количество плодов, пораженных грибными болезнями (2,5–5,1 %), отмечено у сортов Лукомор, Янтарное ожерелье и Валюта.

Установлена высокая средняя органолептическая оценка плодов до хранения, которая составила 4,0–4,8 балла. Результаты органолептической оценки плодов после длительного хранения показали снижение среднего дегустационного балла на 0,3–0,6, кроме сорта Лукомор, у которого органолептические показатели после хранения стали выше на 0,4 балла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Грушева, Т. П. Изучение колонновидных сортов яблони в Беларуси / Т. П. Грушева, В. А. Самусь // Современные сорта и технологии для интенсивных садов : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 275-летию А. Т. Болотова, 15–18 июля 2013 г. / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: С. Д. Князев (гл. ред.) [и др.]. – Орёл, 2013. – С. 70–72.

2. Грушева, Т. П. Колонновидный сорт яблони Валюта / Т. П. Грушева, В. А. Самусь, Ж. В. Сапрончик // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2013. – Т. 25. – С. 18–24.

3. Грушева, Т. П. Колонновидный сорт яблони Московское ожерелье / Т. П. Грушева, В. А. Самусь // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – Т. 29. – С. 15–20.

4. Козловская, З. А. Оценка качества плодов перспективных гибридов яблони белорусской селекции / З. А. Козловская, С. А. Ярмолич, Г. М. Марудо // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2011. – Т. 23. – С. 9–17.

5. Оптимизация сортимента яблони юга России на основе новых иммунных и устойчивых к парше сортов / Е. В. Ульяновская, Е. Н. Седов, Г. А. Седышева, З. М. Серова // Высокоточные технологии производства, хранения и переработки плодов и ягод : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 7–10 сент. 2010 г. / Рос. акад. с.-х. наук, Сев.-Кавк. зон. науч.-исслед. ин-т садоводства и виноградарства ; редкол.: Е. А. Егоров [и др.]. – Краснодар, 2010. – С. 44–48.

6. Гудковский, В. А. Система сокращения потерь и сохранения качества плодов и винограда при хранении : метод. рекомендации / В. А. Гудковский. – Мичуринск : ВНИИС, 1990. – 120 с.

7. Причко, Т. Г. Сорта яблок с высокой биологически обусловленной лежкостью / Т. Г. Причко // Научные основы устойчивого садоводства в России : докл. конф., Мичуринск, 11–12 марта 1999 г. / Рос. акад. с.-х. наук, Всерос. науч.-исслед. ин-т садоводства им. И. В. Мичурина ; редкол.: В. А. Гудковский (гл. ред.) [и др.]. – Мичуринск, 1999. – С. 219–221.

8. Логачёва, О. В. Влияние сроков съема, температуры и состава газовой среды на хранение яблок / О. В. Логачёва, З. А. Седова // Садоводство. – 1983. – № 2. – С. 16–17.

9. Кичина, В. В. Колонновидные яблони / В. В. Кичина. – М. : ВСТИСП, 2002. – 160 с.

10. Товарные показатели и сохраняемость плодов колонновидной яблони / Т. П. Грушева, О. С. Караник, В. А. Левшунов, Г. А. Новик // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – Т. 32. – С. 195–199.

11. Яблоки свежие поздних сроков созревания. Технические условия = Яблыкі свежыя позніх тэрмінаў паспявання. Тэхнічныя ўмовы : СТБ 2288-2012. – Введ. 01.07.2013. – Минск : Госстандарт, 2013. – III, 11 с.

12. Целуйко, Н. А. Определение срока съема плодов семечковых культур / Н. А. Целуйко. – М. : Колос, 1969. – 72 с.

13. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: Е. Н. Джигадло [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.

14. Методические рекомендации по хранению плодов, овощей и винограда. Организация и проведение исследований / под общ. ред. С. Ю. Дженеева, В. И. Иванченко. – Ялта : Ин-т винограда и вина «Магарач», 1998. – 152 с.

15. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования) : учеб. и учеб. пособия для высш. учеб. заведений / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

16. Генетические основы и методика селекции плодовых культур и винограда / З. А. Козловская, С. А. Ярмолич, О. А. Якимович [и др.] ; под общ. ред. З. А. Козловской. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 249 с.

COMPARATIVE STUDY OF THE QUALITY AND STORAGE LIFE OF COLUMNAR APPLE FRUITS

T. P. GRUSHEVA, M. YU. GANUSENKO, G. A. NOVIK, D. I. MARCINKEVICH

Abstract

In 2023–2024, a comparative study on the quality and storability of columnar apple fruits was conducted at the Storage and Processing Department of the RUE ‘Fruit Growing Institute’. The fruits were stored under regular atmospheric conditions at a temperature of +3 to +5 °C.

The study focused on fruits from six columnar apple cultivars (Valyuta, Moskovskoye Ozherele, Girlyanda, Sozvezdiye, Lukomor, Yantarnoe Ozherele), grown in the experimental orchard of the Nursery Department at the RUE ‘Fruit Growing Institute’.

The research revealed differences in fruit shape and weight. All cultivars were classified as medium-fruited, with average fruit weight ranging from 125.0 to 152.0 g. After 140 days of storage, the highest proportion of healthy fruits was observed in the cultivars Lukomor, Yantarnoe Ozherele, and Valyuta (92.7–94.0 %), along with the lowest incidence of fungal diseases (2.5–5.1 %).

The highest incidence of fruit rot was recorded in the cultivars Sozvezdiye and Girlyanda (9.0–10.0 %), with healthy fruit yields of 87.8 % and 87.2 %, respectively.

Keywords: columnar apple, fruits, storage, natural weight loss, fungal diseases, physiological disorders, Belarus.

Поступила в редакцию 28.02.2025

УДК 634.11:631.526.32:631.8:632.167:631.563

ОЦЕНКА ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ ПРОМЫШЛЕННОГО СОРТИМЕНТА К ГОРЬКОЙ ЯМЧАТОСТИ ПРИ ХРАНЕНИИ

О. С. КАРАНИК, Д. И. МАРЦИНКЕВИЧ, А. М. КРИВОРОТ, Г. А. НОВИК, М. Г. МАКСИМЕНКО

РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by

АННОТАЦИЯ

Исследования проводили в 2023–2024 гг. в отделе хранения и переработки РУП «Институт плодоводства».

Объектами исследований являлись плоды пяти сортов яблони (Алеся, Арнабель, Весяліна, Лигол, Редкрафт), составляющие основу свежей товарной продукции института.

В результате исследований выявлена предрасположенность плодов вышеуказанных сортов яблони к горькой ямчатости на основании содержания элементов минерального питания (кальций, калий и магний) и их соотношений: минимальное значение – у сортов белорусской селекции Алеся (1,0 %) и Весяліна (2,3 %), высокий процент – Арнабель (9,7 %) и Редкрафт (9,8 %), максимальное значение – у сорта Лигол (15,5 %).

Ключевые слова: плоды, яблоня, минеральный состав, кальций, калий, магний, горькая ямчатость, хранение, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

У ряда коммерчески значимых сортов яблони при недостатке кальция в тканях плодов наблюдается такое физиологическое расстройство, как горькая ямчатость [1].

У плодов, пораженных горькой ямчатостью, на кожице появляются углубленные мелкие, шириной до нескольких миллиметров, неравномерно округлые пятна. Возникает небольшое по размеру изменение окраски мякоти плода непосредственно под кожицей яблока. Часто пятна остаются еще зелеными, когда основная окраска уже желтеет. Под кожицей отмирают отдельные клетки и окрашиваются в бурый цвет. В большинстве случаев поражается верхняя, обращенная к чашечке половина плода. Плоды, пораженные горькой ямчатостью, имеют горький вкус [2].

Горькая ямчатость (подкожная пятнистость) является следствием нарушения минерального баланса в плодах главным образом из-за недостаточного количества кальция в них. Кальций, участвуя в физиологических процессах клеток, обеспечивая целостность и стабильность клеточных мембран, клеточной стенки, усиливает устойчивость плодов к грибковым и бактериальным инфекциям [3], способствует ингибированию процессов созревания и старения плодов, поддерживанию на определенном уровне физиолого-биохимических процессов, что обеспечивает наибольшую естественную устойчивость к грибным заболеваниям и физиологическим расстройствам при хранении.

Кальций отличается от других питательных веществ тем, что он переносится в плоды в гораздо меньших количествах, чем в листья, но несмотря на важную роль в обеспечении качества плодов яблони, его концентрация в яблоках на порядок ниже, чем в вегетативных органах, что связано с особенностями транспорта данного элемента в многолетних древесных растениях [4, 5]. Симптомы локального недостатка кальция наблюдаются в частях растений, снабженных в большей степени через флоэму, чем через ксилему, – это молодые листья и плоды [6–8].

На появление горькой ямчатости решающим образом влияет нарушение обмена веществ, отражающееся в соотношении трех элементов минерального питания яблони – калий (K), кальций (Ca) и магний (Mg), а также распределение кальция в плодах [9, 10]. Показано, что риск развития описываемого физиологического расстройства связан с соотношениями Ca/Mg, K/Ca и (K + Mg)/Ca в плодах яблони [11–17].

Согласно исследованиям В. А. Гудковского, механизм повреждения плодов горькой ямчатостью состоит в том, что при дефиците кальция в плодах (менее 4,5 мг/100 г) клеточные мембра-

ны подвергаются преждевременному разрушению (окислению), приводя к отмиранию тканей и появлению типичных признаков заболевания [15].

Т. Г. Причко, М. Г. Германова, Н. В. Дрофичева установили, что определение соотношения К/Са в плодах в период роста и перед закладкой их на хранение может служить способом ранней диагностики и определения предрасположенности плодов яблони к горькой ямчатости при хранении. Оптимальное соотношение К и Са должно находиться в пределах 10,2–13,0. Согласно авторам, использование данного способа позволит упростить прогнозирование сроков хранения яблок, обеспечить возможность проведения прогнозирования развития горькой ямчатости на плодах до закладки на хранение, а также объективно определять срок съема плодов по уровню содержания калия и кальция в кожице яблок и их соотношение, что будет способствовать уменьшению потерь при хранении [13].

Цель исследований – определение соотношений минеральных элементов питания в плодах промышленного сортимента яблони для оценки предрасположенности возникновения горькой ямчатости при хранении.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являлись плоды пяти сортов яблони (Алеся, Арнабель, Весяліна, Лигол, Редкрафт), выращенные в саду отдела хранения и переработки и составляющие основу свежей товарной продукции РУП «Институт плодоводства».

Почва сада дерново-подзолистая суглинистая. Агрохимическая характеристика опытных участков сада: содержание гумуса – 2,37 %; pH почвы – 5,5–5,9; фосфор – 157,00–176,00 мг, калий – 182,00–234,00, кальций – 1192,00, магний – 434,00, сера – 1,20, бор – 0,76 мг на кг почвы.

Система защиты сада отдела хранения и переработки РУП «Институт плодоводства» в 2023–2024 гг.:

Азофос (10 кг/га) – фенофаза «начало роста почки»;

Актара (0,14 кг/га) + Хорус (0,2 кг/га) – фенофаза «распускание почки»;

Фаскорд (0,2 л/га) + Каптан (1,5 кг/га) – фенофаза «выдвигание соцветий»;

Приам (0,6 л/га) – фенофаза «появление венчиков»;

Миравис (0,25 л/га) – фенофаза «цветение»;

Медея (1 л/га) – фенофаза «опадение лепестков»;

Мовенто Энерджи (0,8 л/га) + Дафна (0,3 л/га) – фенофаза «завязывание плодов»;

Медея (1 л/га) + Актара (0,14 кг/га) – фенофаза «смыкание чашелистиков»;

Волиам Тарго (0,8 л/га) + Хорус (0,2 кг/га) – фенофаза «размер плода с грецкий орех»;

Миравис (0,25 л/га) – фенофаза «размер плода с грецкий орех»;

Луна Транквилити (1 л/га) + Децис (0,125 л/га) – фенофаза «рост плодов I»;

Калина (0,18 л/га) + Серкадис Плюс (1 л/га) – фенофаза «рост плодов II»;

Медея (1 л/га) – фенофаза «рост плодов III»;

Серкадис Плюс (1 л/га) – фенофаза «рост плодов IV».

Товарность плодов определяли в момент уборки согласно СТБ 2288-2012 [18].

Опыт по хранению проводился согласно «Методическим рекомендациям по хранению плодов, овощей и винограда» [19].

Определение содержания макроэлементов (Ca, K, Mg) в кожице плодов с признаками горькой ямчатости проводили методом атомно-абсорбционной спектрометрии на спектрометре VARIAN AA240FS (Австралия) после 120 дней хранения в обычной газовой среде при температуре +2…+4 °С и относительной влажности воздуха 90–95 %.

Предварительное охлаждение плодов перед закладкой на хранение производили в холодильных камерах в течение 12 ч при температуре +4…+6 °С.

Плоды закладывали в пластиковые ящики размером 600 × 400 × 300 см. Повторность опыта трехкратная, в каждой повторности не менее 10 кг.

Распространенность горькой ямчатости определяли путем взвешивания пораженных плодов. Результаты выражали в процентах к общей массе продукции, заложенной на хранение.

Статистическую обработку полученных данных проводили методом однофакторного дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [20].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основными элементами минерального состава, оказывающими влияние на лежкоспособность плодов яблони и их устойчивость к болезням, являются кальций, калий и магний. Установлено, что наибольшая устойчивость яблок к заболеваниям при хранении наблюдается при повышенном содержании кальция (не менее 5 мг/100 г сырого вещества) с одновременным содержанием магния не более 5 мг/100 г [11].

После 120 дней хранения у всех исследуемых сортов была выявлена горькая ямчатость на плодах: минимальное значение – у сортов белорусской селекции Алеся (1,0 %) и Весяліна (2,3 %), высокий процент – Арнабель (9,7 %) и Редкрафт (9,8 %), максимальное значение – у сорта Лигол (15,5 %), что говорит о различном уровне их предрасположенности к данному физиологическому расстройству.

В результате оценки содержания отдельных элементов минерального питания в плодах с горькой ямчатостью установлено, что концентрация кальция в плодах у всех исследуемых сортов превышала 5 мг/100 г сырого вещества после 120 дней хранения, что соответствует уровню, достаточному для обеспечения устойчивости к проявлению горькой ямчатости при хранении (табл. 1).

При этом одновременное содержание магния в пораженных плодах превысило пороговое значение в 5 мг/100 г сырого вещества, что и привело к развитию физиологического расстройства у всех исследуемых образцов при хранении из-за дисбаланса в содержании элементов. Содержание калия также было достаточно высоким: от 170,0 мг/100 г сырого вещества у сорта Лигол до 200,3 мг/100 г сырого вещества у сорта Арнабель.

Таблица 1. **Содержание элементов минерального питания в плодах яблони с горькой ямчатостью после 120 дней хранения (2023–2024 гг.), мг/100 г сырого вещества**

Сорт	Ca	K	Mg
Алеся	11,4	195,2	21,2
Арнабель	12,4	200,3	19,2
Весяліна	11,5	177,7	16,9
Лигол	6,3	170,0	7,8
Редкрафт	13,5	173,3	19,4
$НСР_{0,05}$	0,69	0,61	0,31

Для более точной оценки предрасположенности сортов яблони к проявлению горькой ямчатости на плодах в период хранения были определены соотношения Ca/Mg, K/Ca и (K + Mg)/Ca в исследуемых образцах (табл. 2).

Таблица 2. **Соотношение минеральных элементов в кожице плодов яблони с горькой ямчатостью после хранения (2023–2024 гг.), относительных единиц (о. е.)**

Сорт	Ca/Mg	K/Ca	(K + Mg)/Ca
Алеся	0,5	17,0	18,9
Арнабель	0,6	16,1	17,7
Весяліна	0,7	15,4	16,9
Лигол	0,8	26,8	28,0
Редкрафт	0,7	12,8	14,3
$НСР_{0,05}$	0,37	0,19	0,35

В результате исследований Т. Г. Причко (2011), В. А. Гудковского (1990) установлены оптимальные значения соотношения концентраций Ca/Mg, которые должны находиться в пределах

1,0–2,0 о. е. У всех исследуемых образцов значение соотношения было ниже 1,0 о. е. из-за повышенного содержания магния в плодах (см. рисунок).

Соотношение содержания кальция и магния в кожице плодов яблони с горькой ямчатостью после хранения, 2023–2024 гг.

Согласно Т. Г. Причко (2016), оптимальное соотношение К/Са в плодах должно находиться в пределах 10,2–13,0 о. е., что позволяет исключить распространение горькой ямчатости в процессе хранения. Из исследуемых образцов только сорт Редкрафт (12,8 о. е.) по данному соотношению входит в обозначенный диапазон (ближе к верхней его границе), что говорит о повышенном содержании калия в плодах других сортов.

По мнению В. А. Гудковского (1990), соотношение между суммой калия и магния и содержанием кальция в плодах не должно превышать 25,0 о. е. Исследуемый сорт Лигол превысил данное значение на 3,0 о. е., что привело к значительным повреждениям плодов горькой ямчатостью в период хранения (15,5 %).

Т. Г. Причко и соавторы (2011) считают, что оптимальная величина соотношения между суммой калия и магния и содержанием кальция в плодах должна быть в пределах 11,0–15,0 о. е., при этом величина оптимума у разных сортов неодинакова. Из исследуемых сортов в указанный диапазон значений вошел сорт Редкрафт (14,3 о. е.).

Из вышеизложенного следует, что с учетом оптимальных параметров элементного состава плодов (величина соотношения содержания кальция и магния составляет 1,0–2,0 о. е., величина соотношения содержания суммы калия и магния к содержанию кальция – 11,0–15,0 о. е. и величина соотношения содержания калия и кальция – 10,2–13,0 о. е.), исследуемые сорта оказались предрасположенными к возникновению горькой ямчатости при хранении из-за дисбаланса минерального состава.

Для снижения потенциального риска поражения плодов горькой ямчатостью при хранении необходимо применение агротехнических приемов, устраняющих дисбаланс в содержании отдельных элементов питания в плодах яблони, основная задача которых заключается в своевременном обеспечении растений питательными веществами в доступной форме и оптимальном количестве. При этом следует помнить, что как недостаток, так и избыток питательных элементов снижают урожайность и ухудшают свойства плодов, но наибольший вред качеству продукции приносит именно избыточное питание.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценена предрасположенность плодов пяти сортов яблони (Алеся, Арнабель, Весяліна, Лигол, Редкрафт) к горькой ямчатости на основании содержания элементов минерального питания (кальций, калий и магний) и их соотношений. Горькая ямчатость на плодах была выявлена у всех исследуемых сортов после хранения: минимальное значение – у сортов белорусской се-

лекции Алеся (1,0 %) и Весяліна (2,3 %), высокий процент – Арнабель (9,7 %) и Редкрафт (9,8 %), максимальное значение – у сорта Лигол (15,5 %).

Установлено, что плоды всех сортов в поверхностном слое содержат 6,3–13,5 мг кальция на 100 г сырого вещества, что в 1,3–2,7 раза соответственно превышает желательный уровень 5 мг/100 г. Содержание магния в пораженных плодах превысило пороговое значение в 5 мг/100 г сырого вещества в 1,6–4,2 раза. Явно выраженный дисбаланс в содержании этих элементов сказался на уровне их соотношения, а также совместного соотношения в сочетании с калием и привел к возникновению горькой ямчатости у всех исследуемых образцов при хранении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Relationship between xylem functionality, calcium content and the incidence of bitter pit in apple fruit / A. Miqueloto, C. V. T. Amarante, C. Steffens [et al.] // Scientia Horticulturae. – 2014. – Vol. 165. – P. 319–323.

2. Хранение плодов / В. Фетткенхойер, В. Х. Хельд, Б. Хофер [и др.] ; пер. с нем. И. М. Спичкина ; под ред. и с предисл. А. М. Ульянова. – М. : Колос, 1984. – 367 с.

3. Пазухин, С. А. Влияние физиологически активных веществ на формирование качественных характеристик плодов яблони при хранении / С. А. Пазухин, Ж. Э. Мазец, А. М. Криворот // Весці БДПУ. Серыя 3. Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. – 2013. – № 1. – С. 10–14.

4. Леоничева, Е. В. Некоторые особенности динамики кальция в системе «побеги – листья – плоды яблони» / Е. В. Леоничева, Т. А. Роева, Л. И. Леонтьева // Современное садоводство. – 2018. – № 3. – С. 131–138.

5. Saure, M. C. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control / M. C. Saure // Scientia Horticulturae. – 2005. – Vol. 105. – P. 65–89.

6. Трунов, Ю. В. Биологические основы минерального питания яблони. Минеральное питание и удобрение яблони / Ю. В. Трунов. – Воронеж : Кварта, 2013. – 428 с.

7. White, P. J. Calcium in Plants / P. J. White, M. R. Broadley // Annals of Botany. – 2003. – Vol. 92, № 4. – P. 487–511.

8. Bitter pit in apples: pre- and postharvest factors: a review / T. Jemrić, I. Fruk, M. Fruk [et al.] // Spanish Journal of Agricultural Research. – 2016. – Vol. 14. – P. 1–12.

9. Kuzin, A. Essential role of potassium in apple and its implications for management of orchard fertilization / A. Kuzin, A. Solovchenko // Plants. – 2021. – Vol. 10 (12). – URL: https://www.mdpi.com/2223-7747/10/12/2624 (date of access: 23.02.2024).

10. Криворот, А. М. Влияние некорневого внесения макро- и микроэлементов на продуктивность деревьев и качество плодов яблони при хранении / А. М. Криворот, Е. С. Боровик // Плодоводство : сб. науч. тр. / Ин-т плодоводства, НАН Беларуси ; редкол.: В. А. Матвеев (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2004. – Т. 16. – С. 237–242.

11. Гудковский, В. А. Система сокращения потерь и сохранение качества плодов и винограда при хранении : метод. рекомендации / В. А. Гудковский. – Мичуринск : ВНИИС, 1990. – 120 с.

12. Криворот, А. М. Технологии хранения плодов / А. М. Криворот. – Минск : ИВЦ Минфина, 2004. – 262 с.

13. Патент RU 2593347 C1, МПК G01N 33/02, A01F 25/00. Способ ранней диагностики и определения предрасположенности плодов яблони к горькой ямчатости при хранении : № 2015132790/15 : заявлено 05.08.2015 : опубл. 10.08.2016 / Причко Т. Г., Германова М. Г., Дрофичева Н. В. ; заявитель Сев.-Кавк. зон. науч.-исслед. ин-т садоводства и виноградарства. – 6 с.

14. Tissue sampling method and mineral attributes to predict bitter pit occurrence in apple fruit: a multivariate approach / C. Amarante, J. P. G. Silveira, C. Steffens [et al.] // Acta Horticulturae. – 2013. – Vol. 1012. – P. 1133–1139.

15. Гудковский, В. А. Физиологические основы поражения плодов яблони подкожной пятнистостью и другими заболеваниями и система мер их предупреждения / В. А. Гудковский // Научно-практические достижения и инновационные пути развития производства продукции садоводства для улучшения структуры питания и здоровья человека : материалы науч.-практ. конф., г. Мичуринск, 8–10 сент. 2008 г. / редкол.: А. В. Гудковский (отв. ред.) [и др.]. – Мичуринск : Изд-во МичГАУ, 2008. – С. 90–97.

16. Причко, Т. Г. Оценка эффективности новых кальцийсодержащих препаратов в борьбе с горькой ямчатостью плодов яблони / Т. Г. Причко, Т. Л. Смелик // Научные труды СКЗНИИСиВ : сб. науч. тр. / Сев.-Кавк. зон. науч.-исслед. ин-т садоводства и виноградарства ; редкол.: Е. А. Егоров (гл. ред.), И. А. Ильина, Э. В. Макарова. – Краснодар, 2015. – Т. 7. – С. 143–146.

17. Moggia, C. Mineral content of different apple cultivars in relation to fruit quality during storage / C. Moggia, J. A. Yuri, M. Pereira // Acta Horticulturae. – 2006. – Vol. 721. – P. 265–272.

18. Яблоки свежие поздних сроков созревания. Технические условия = Яблыкі свежыя позніх тэрмінаў паспявання. Тэхнічныя ўмовы : СТБ 2288-2012 ; введ. 01.07.2013. – Минск : Госстандарт : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2013. – 20 с.

19. Методические рекомендации по хранению плодов, овощей и винограда. Организация и проведение исследований / под общ. ред. С. Ю. Дженеева, В. И. Иванченко. – Ялта : Ин-т винограда и вина «Магарач», 1998. – 152 с.

20. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования) : учеб. и учеб. пособия для высш. учеб. заведений / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

ASSESSMENT OF THE SUSCEPTIBILITY OF COMMERCIAL APPLE FRUITS TO BITTER PIT DURING STORAGE

O. S. KARANIK, D. I. MARCINKEVICH, A. M. KRIVOROT, G. A. NOVIK, M. G. MAKSIMENKO

Abstract

The study was conducted in 2023–2024 at the Storage and Processing Department of the RUE 'Institute of Fruit Growing'.

The research focused on fruits of five apple cultivars (Alesya, Arnabel, Vesyalina, Ligol, and Redkraft), which form the core of the institute's commercial fresh fruit production.

The results revealed cultivar-specific susceptibility of apple fruits to bitter pit, based on the content and ratios of mineral nutrients (calcium, potassium, and magnesium). The lowest incidence was observed in the Belarusian-bred cultivars Alesya (1.0 %) and Vesyalina (2.3 %), while higher percentages were recorded in Arnabel (9.7 %) and Redkraft (9.8 %). The highest susceptibility was noted in Ligol (15.5 %).

Keywords: fruits, apple, mineral composition, calcium, potassium, magnesium, bitter pit, storage, Belarus.

Поступила в редакцию 04.02.2025

УДК 634.11:631.526.32:631.8:632.167:631.563

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КАЛЬЦИЯ И ДРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ГОРЬКОЙ ЯМЧАТОСТИ НА ПЛОДАХ ЯБЛОНИ ПРИ ХРАНЕНИИ

Д. И. МАРЦИНКЕВИЧ, О. С. КАРАНИК, А. М. КРИВОРОТ, Г. А. НОВИК

РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by

АННОТАЦИЯ

Исследования проводили в 2023–2024 гг. в отделе хранения и переработки РУП «Институт плодоводства».

Объектами исследований являлись плоды пяти сортов яблони (Алеся, Арнабель, Весяліна, Лигол, Редкрафт), составляющие основу свежей товарной продукции института.

Выявлены пороговые значения уровня содержания кальция в плодах, а также значения соотношения (K + Mg)/Ca при хранении для минимизации потерь из-за горькой ямчатости. Так, для сорта Арнабель содержание кальция должно быть не менее 12,3 мг/100 г, а соотношение (K + Mg)/Ca – не более 17,0 о. е., для сорта Лигол содержание кальция – не менее 7,2 мг/100 г, а соотношение (K + Mg)/Ca – не более 24,5 о. е., для сорта Редкрафт содержание кальция – не менее 13,5 мг/100 г, а соотношение (K + Mg)/Ca – не более 14,2 о. е.

Для сортов Арнабель, Лигол, Редкрафт при построении регрессионных моделей зависимости горькой ямчатости от содержания кальция в плодах установлено, что наиболее адекватными являются линейные модели, а для зависимости горькой ямчатости от соотношения элементов (K + Mg)/Ca – логарифмические модели.

Ключевые слова: плоды, яблоня, минеральный состав, кальций, калий, магний, горькая ямчатость, хранение, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Значительные потери свежих плодов ряда ценных коммерческих сортов яблони при длительном хранении от физиологических расстройств и, в первую очередь, от горькой ямчатости приводят к существенному экономическому ущербу для производителей яблок и организаций торговли.

Минеральное питание – важный фактор регулирования роста и плодоношения яблони, а также повышения урожайности и качества плодов. При этом одним из наиболее важных элементов, влияющих на качество, товарность и лежкоспособность плодов, является кальций (Ca) [1]. Управление кальциевым питанием яблони является важным элементом технологии выращивания этой культуры [2–4].

Роль кальция в питании растений значительно шире, чем принято считать. Он участвует в:

метаболических процессах углеводного и белкового обмена;

образовании и росте хлоропластов;

формировании структуры клеточных стенок (90 % состоят из кальция) и их делении;

поддержании физиологического равновесия ионов в клетке;

нейтрализации органических кислот.

Кроме того, кальций:

способствует росту корневой системы;

повышает активность ферментов;

регулирует водный баланс;

влияет на восприимчивость растений к болезням;

влияет на вязкость и проницаемость протоплазмы [5].

Непосредственно с недостаточным содержанием кальция в плодах связывают развитие такого физиологического заболевания, как горькая ямчатость, которое может появляться у плодов уже на дереве либо развиваться во время хранения [2, 6]. У сортов, чувствительных к горькой ямчатости, в процессе хранения может поражаться до 80 % плодов, что является причиной значительных убытков производителей плодовой продукции [4, 7].

Концентрация кальция в плодах не является единственным критерием их предрасположенности к развитию горькой ямчатости. Значительную роль играет сбалансированность минерального состава плодов, особенно в отношении калия (K) и магния (Mg). Показано, что риск развития этого заболевания связан с соотношениями Ca/Mg, K/Ca и (K + Mg)/Ca [2, 8–11].

Повсеместно рекомендуемый способ снижения проявлений горькой ямчатости – опрыскивание деревьев препаратами кальция с целью быстрого повышения концентрации элемента в тканях плодов [12]. Параллельно с поиском агротехнических способов улучшения минерального состава плодов, развивается предварительная диагностика элементного состава яблок с целью оценки потенциального риска проявления симптомов горькой ямчатости в процессе хранения [7, 9, 10, 13, 14]. При разработке методов ранней диагностики внимание уделяется срокам отбора плодов [13] и определению наиболее точных параметров минерального состава для конкретных сортов [4, 13, 15].

Цель исследований – выявить взаимосвязи между уровнем содержания кальция и других элементов минерального питания и распространенностью горькой ямчатости на плодах яблони при хранении.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являлись плоды пяти сортов яблони (Алеся, Арнабель, Весяліна, Лигол, Редкрафт), выращенные в саду отдела хранения и переработки и составляющие основу свежей товарной продукции РУП «Институт плодоводства».

Почва сада дерново-подзолистая суглинистая. Агрохимическая характеристика опытных участков сада: содержание гумуса – 2,37 %; pH почвы – 5,5–5,9; фосфор – 157,00–176,00 мг, калий – 182,00–234,00, кальций – 1192,00, магний – 434,00, сера – 1,20, бор – 0,76 мг на кг почвы.

Система защиты сада отдела хранения и переработки РУП «Институт плодоводства» в 2023–2024 гг.:

Азофос (10 кг/га) – фенофаза «начало роста почки»;

Актара (0,14 кг/га) + Хорус (0,2 кг/га) – фенофаза «распускание почки»;

Фаскорд (0,2 л/га) + Каптан (1,5 кг/га) – фенофаза «выдвигание соцветий»;

Приам (0,6 л/га) – фенофаза «появление венчиков»;

Миравис (0,25 л/га) – фенофаза «цветение»;

Медея (1 л/га) – фенофаза «опадение лепестков»;

Мовенто Энерджи (0,8 л/га) + Дафна (0,3 л/га) – фенофаза «завязывание плодов»;

Медея (1 л/га) + Актара (0,14 кг/га) – фенофаза «смыкание чашелистиков»;

Волиам Тарго (0,8 л/ га) + Хорус (0,2 кг/га) – фенофаза «размер плода с грецкий орех»;

Миравис (0,25 л/га) – фенофаза «размер плода с грецкий орех»;

Луна Транквилити (1 л/га) + Децис (0,125 л/га) – фенофаза «рост плодов I»;

Калина (0,18 л/га) + Серкадис Плюс (1 л/га) – фенофаза «рост плодов II»;

Медея (1 л/га) – фенофаза «рост плодов III»;

Серкадис Плюс (1 л/га) – фенофаза «рост плодов IV».

Товарность плодов определяли в момент уборки согласно СТБ 2288-2012 [16].

Опыт по хранению проводили согласно «Методическим рекомендациям по хранению плодов, овощей и винограда» [17].

Определение содержания макроэлементов (кальций, калий, магний) в кожице плодов с признаками горькой ямчатости проводили методом атомно-абсорбционной спектрометрии на спектрометре VARIAN AA240FS (Австралия) после 120 дней хранения в обычной газовой среде при температуре +2…+4 °С и относительной влажности воздуха 90–95 %.

Предварительное охлаждение плодов перед закладкой на хранение производили в холодильных камерах в течение 12 ч при температуре +4…+6 °С.

Плоды закладывали в пластиковые ящики размером 600 × 400 × 300 см. Повторность опыта трехкратная, в каждой повторности не менее 10 кг.

Распространенность горькой ямчатости определяли путем взвешивания пораженных плодов. Результаты выражали в процентах к общей массе продукции, заложенной на хранение.

Математическую обработку результатов осуществляли при помощи программного пакета STATISTICA 6.0 и Microsoft Excel [18].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

После 120 дней хранения у всех исследуемых сортов была выявлена горькая ямчатость на плодах (табл. 1).

Таблица 1. **Распространенность горькой ямчатости, содержание кальция, а также соотношения элементов минерального питания в плодах яблони после 120 дней хранения, 2023–2024 гг.**

Сорт	Распространенность горькой ямчатости, (%)	Ca, мг/100 г сырого вещества	(K + Mg)/Ca, (о. е.)
Алеся	1,0	11,4	18,9
Арнабель	9,7	12,4	17,7
Весяліна	2,3	11,5	16,9
Лигол	15,5	6,3	28,0
Редкрафт	9,8	13,5	14,3
$НСР_{0,05}$	6,86	0,69	0,35

Основываясь на полученных результатах выявлены взаимосвязи между концентрацией кальция в кожице плодов яблони, а также между соотношением элементов минерального состава в относительных единицах (о. е.) и распространенностью горькой ямчатости (%) после хранения (табл. 2).

Таблица 2. **Корреляционная зависимость между содержанием кальция в кожице плодов (мг/100 г), соотношением (K + Mg)/Ca и распространенностью горькой ямчатости (%) после хранения по сортам, 2023–2024 гг.**

Сорт	Ca, мг/100 г	(K + Mg)/Ca, о. е.
Алеся	Обратная слабая (r = –0,172)	Прямая слабая (r = 0,333)
Арнабель	***Обратная сильная (r = –0,960)***	***Прямая сильная (r = 0,942)***
Весяліна	Обратная слабая (r = –0,322)	Прямая слабая (r = 0,391)
Лигол	***Обратная сильная (r = –0,839)***	***Прямая сильная (r = 0,894)***
Редкрафт	***Обратная сильная (r = –0,886)***	***Прямая сильная (r = 0,906)***

Результаты корреляционного анализа показали, что на появление горькой ямчатости при хранении на плодах яблони у сортов Арнабель, Лигол и Редкрафт значимое влияние оказывает концентрация кальция в плодах, а также соотношение суммы калия и магния к кальцию. Коэффициенты парной корреляции колебались в диапазоне 0,839–0,960, что соответствует сильной обратной (по содержанию кальция) и прямой (по соотношению элементов минерального состава) корреляционной зависимости между признаками. У сортов Алеся и Весяліна распространение горькой ямчатости при хранении от исследуемых показателей имеет слабую корреляционную зависимость.

Для сортов с наиболее тесными корреляционными связями (Арнабель, Лигол и Редкрафт) были построены регрессионные модели зависимости появления горькой ямчатости при хранении от содержания кальция в плодах и от соотношения суммы калия и магния к кальцию.

Установлено, что наиболее адекватными моделями зависимости горькой ямчатости от содержания кальция в плодах являются линейные, так как они имеют наибольший коэффициент детерминации по сравнению со степенными, логарифмическими и экспоненциальными регрессионными моделями.

При построении линейной зависимости появления горькой ямчатости при хранении от уровня содержания кальция в кожице для сорта Арнабель получено следующее уравнение регрессии:

$$Y = 37{,}9734 - 2{,}268 \times X, \quad (1)$$

где X – содержание кальция, мг/100 г; Y – горькая ямчатость, %.

Полученный график позволяет говорить о том, что содержание кальция в плодах сорта Арнабель должно быть не менее 12,3 мг/100 г для того, чтобы процент плодов с горькой ямчатостью не превышал пороговое значение потерь в 10 % (рис. 1).

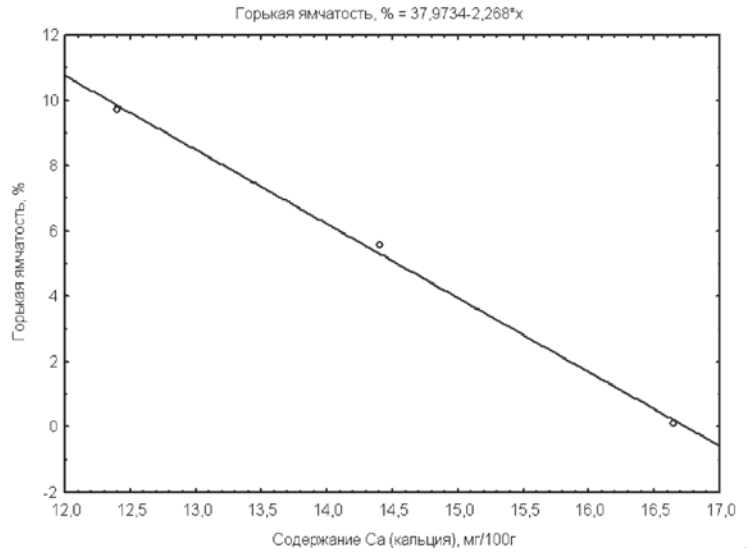


Рис. 1. Линейная регрессионная модель зависимости развития горькой ямчатости (%) от содержания Ca (мг/100 г) в кожице плодов яблони сорта Арнабель

При построении линейной зависимости появления горькой ямчатости при хранении от уровня содержания кальция в кожице для сорта Лигол получено следующее уравнение регрессии:

$$Y = 48{,}3185 - 5{,}2893 \times X, \quad (2)$$

где X – содержание кальция, мг/100 г; Y – горькая ямчатость, %.

Построенный график зависимости позволяет говорить о том, что содержание кальция в плодах сорта Лигол должно быть от 7,2 мг/100 г и выше для минимизации потерь от горькой ямчатости при хранении (рис. 2).

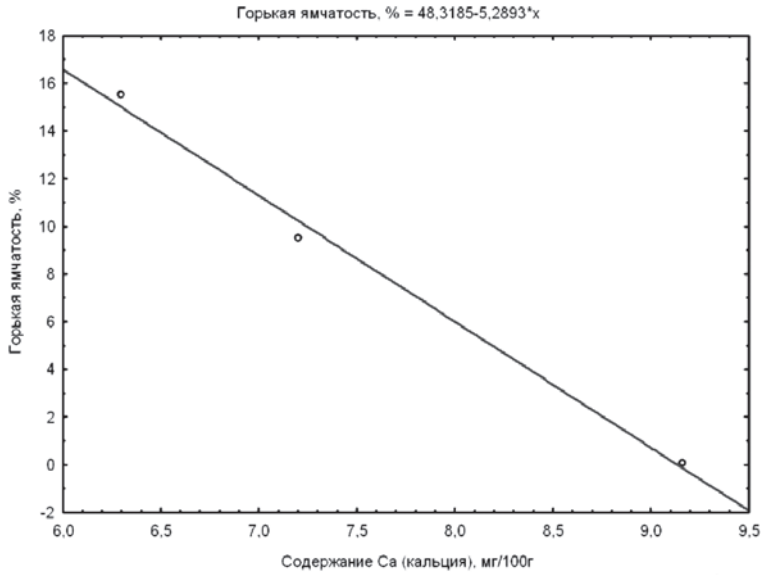


Рис. 2. Линейная регрессионная модель зависимости развития горькой ямчатости (%) от содержания Ca (мг/100 г) в кожице плодов яблони сорта Лигол

Для сорта Редкрафт при построении линейной зависимости появления горькой ямчатости при хранении от уровня содержания кальция в кожице получено следующее уравнение регрессии:

$$Y = 94{,}7405 - 6{,}2479 \times X, \quad (3)$$

где X – содержание кальция, мг/100 г; Y – горькая ямчатость, %.

Для сорта Редкрафт согласно графику содержание кальция в плодах менее 13,5 мг/100 г при хранении приведет к критическим потерям от горькой ямчатости (рис. 3).

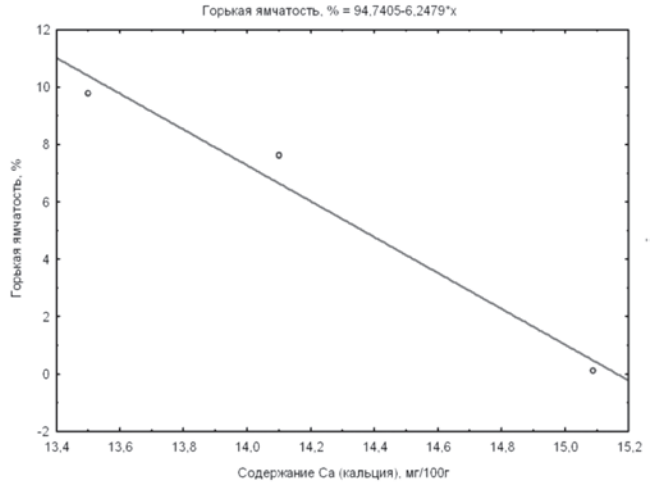


Рис. 3. Линейная регрессионная модель зависимости развития горькой ямчатости (%) от содержания Ca (мг/100 г) в кожице плодов яблони сорта Редкрафт

Регрессионный анализ установил логарифмическую зависимость развития горькой ямчатости при хранении от соотношения суммы калия и магния к кальцию для сортов Арнабель, Лигол и Редкрафт.

При построении регрессионной модели зависимости горькой ямчатости (%) от соотношения (K + Mg)/Ca (о. е.) для сорта Арнабель получено следующее уравнение регрессии:

$$Y = -82{,}3236 + 74{,}6097 \times \log10(X), \quad (4)$$

где X – соотношения (K + Mg)/Ca, о. е.; Y – горькая ямчатость, %.

Для сорта Арнабель пороговым значением соотношения (K + Mg)/Ca можно считать 17,0 о. е. и более для немедленной реализации продукции из-за увеличения потерь от горькой ямчатости при хранении (рис. 4).

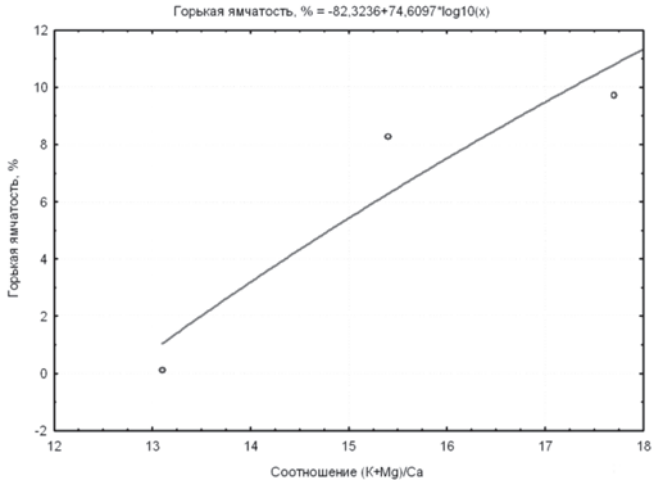


Рис. 4. Логарифмическая регрессионная модель зависимости развития горькой ямчатости (%) от соотношения (K + Mg)/Ca (о. е.) в кожице плодов яблони сорта Арнабель

Для сорта Лигол логарифмическая модель зависимости горькой ямчатости (%) от соотношения (К + Mg)/Ca (о. е.) имеет следующее уравнение регрессии:

$$Y = -137{,}1267 + 105{,}5875 \times \log10(X), \quad (5)$$

где X – соотношения (К + Mg)/Ca, о. е.; Y – горькая ямчатость, %.

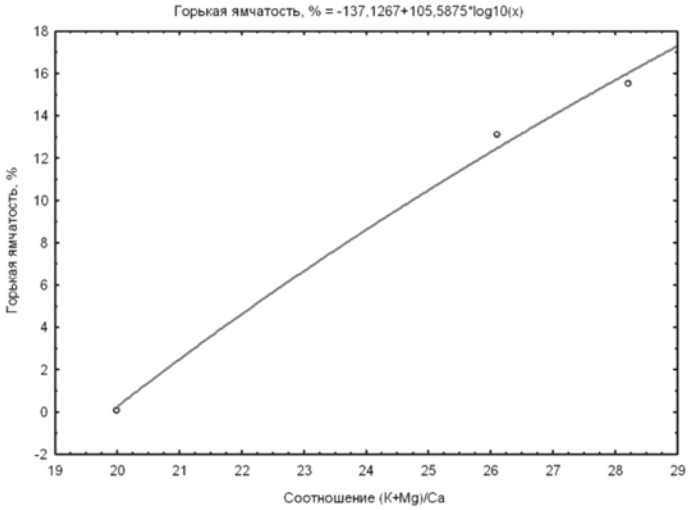


Рис. 5. Логарифмическая регрессионная модель зависимости развития горькой ямчатости (%) от соотношения (К + Mg)/Ca (о. е.) в кожице плодов яблони сорта Лигол

В результате анализа построенного графика можно сделать вывод, что значение соотношения (К + Mg)/Ca не должно превышать 24,5 о. е. у сорта Лигол для минимизации потерь от горькой ямчатости при хранении (рис. 5).

Для сорта Редкрафт логарифмическая модель зависимости горькой ямчатости (%) от соотношения (К + Mg)/Ca (о. е.) имеет следующее уравнение регрессии:

$$Y = -192{,}0331 + 175{,}3431 \times \log10(X), \quad (6)$$

где X – соотношения (К + Mg)/Ca, о. е.; Y – горькая ямчатость, %.

Для сорта Редкрафт значение в 14,2 о. е. соотношения (К + Mg)/Ca является критическим для развития горькой ямчатости при хранении (рис. 6).

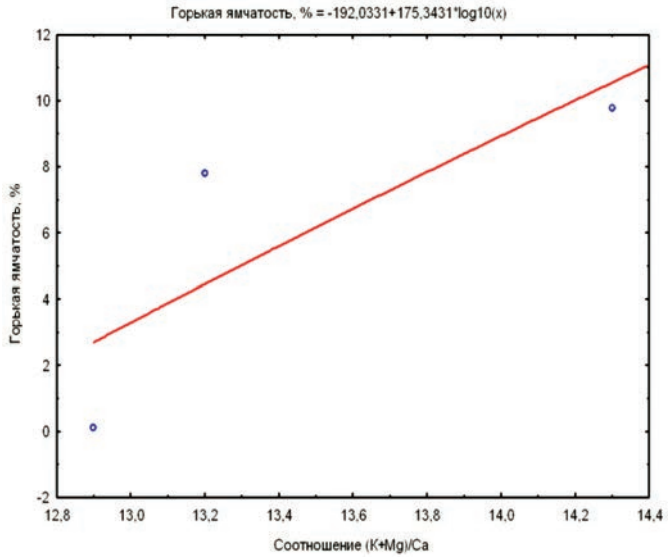


Рис. 6. Логарифмическая регрессионная модель зависимости развития горькой ямчатости (%) от соотношения (К + Mg)/Ca (о. е.) в кожице плодов яблони сорта Редкрафт

В результате корреляционного анализа установлена сортовая предрасположенность плодов яблони к развитию горькой ямчатости при хранении, связанная с недостатком элементов минерального питания в плодах. Так, сильные корреляционные связи выявлены у сортов Арнабель, Лигол, Редкрафт.

При этом зависимость горькой ямчатости от содержания кальция в плодах согласно регрессионному анализу подчинена линейной зависимости с наибольшими коэффициентами детерминации: $R^2 = 0,88$ (Арнабель), $R^2 = 0,94$ (Лигол), $R^2 = 0,97$ (Редкрафт).

Зависимость развития горькой ямчатости при хранении от соотношения минеральных элементов питания в плодах ((K + Mg)/Ca) подчинена логарифмической регрессионной модели с соответствующими коэффициентами детерминации: $R^2 = 0,88$ (Арнабель), $R^2 = 0,99$ (Лигол), $R^2 = 0,65$ (Редкрафт).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлены тесные корреляционные связи зависимости развития горькой ямчатости при хранении от уровня содержания кальция в плодах, а также от соотношения элементов минерального состава ((K + Mg)/Ca) у сортов Арнабель, Лигол, Редкрафт.

При построении регрессионных моделей зависимости горькой ямчатости от содержания кальция в плодах установлено, что наиболее адекватными для исследуемых сортов являются линейные модели, а для зависимости горькой ямчатости от соотношения элементов (K + Mg)/Ca – логарифмические модели с наибольшими коэффициентами детерминации.

Построенные линейные и логарифмические модели зависимости горькой ямчатости от содержания кальция в плодах и соотношения элементов (K + Mg)/Ca могут быть использованы для оценки рисков распространенности подкожной пятнистости на плодах яблони на начальных этапах хранения, а также позволят прогнозировать развитие горькой ямчатости на плодах до закладки на хранение.

Выявлены пороговые значения уровня содержания кальция в плодах, а также значения соотношения (K + Mg)/Ca при хранении для минимизации потерь от горькой ямчатости. Так, для сорта Арнабель содержание кальция должно быть не менее 12,3 мг/100 г, а соотношение (K + Mg)/Ca – не более 17,0 о. е., для сорта Лигол содержание кальция – не менее 7,2 мг/100 г, а соотношение (K + Mg)/Ca – не более 24,5 о. е., для сорта Редкрафт содержание кальция – не менее 13,5 мг/100 г, а соотношение (K + Mg)/Ca – не более 14,2 о. е.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гудковский, В. А. Система сокращения потерь и сохранение качества плодов и винограда при хранении : метод. рекомендации / В. А. Гудковский. – Мичуринск : ВНИИС, 1990. – 120 с.

2. Гудковский, В. А. Физиологические основы поражения плодов яблони подкожной пятнистостью и другими заболеваниями и система мер их предупреждения / В. А. Гудковский // Научно-практические достижения и инновационные пути развития производства продукции садоводства для улучшения структуры питания и здоровья человека : материалы науч.-практ. конф., г. Мичуринск, 8–10 сент. 2008 г. / редкол.: А. В. Гудковский (отв. ред.) [и др.]. – Мичуринск : Изд-во МичГАУ, 2008. – С. 90–97.

3. Сидорова, И. А. Содержание кальция в плодах различных сортов яблони как технологический показатель сырья для переработки / И. А. Сидорова, Е. С. Салина, Н. С. Левгерова // Современное садоводство. – 2016. – № 3. – С. 27–32.

4. Biggs, A. R. Managing bitter pit in ‘Honeycrisp’ apples grown in Mid-Atlantic United States with foliar-applied calcium chloride and some alternatives / A. R Biggs, G. M. Peck // HortTechnology. – 2015. – Vol. 25 (3). – P. 385–391.

5. Литвиненко, Р. Кальций – важнейший элемент питания плодовых культур / Р. Литвиненко // Агропромышленная газета Юга России. – 2023. – № 15–16 (668–669). – С. 3.

6. Причко, Т. Г. Влияние особенностей анатомического строения яблок на устойчивость к развитию заболевания горькой ямчатости / Т. Г. Причко, Л. Д. Чалая, Т. Л. Смелик // Новые технологии. – 2015. – № 1. – С. 129–136.

7. Porro, D. The importance of advisory service in predicting bitter pit using early season fruit analysis / D. Porro, T. Pantezzi // V International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Plants. – 2006. – P. 273–278.

8. Причко, Т. Г. Оценка эффективности новых кальцийсодержащих препаратов в борьбе с горькой ямчатостью плодов яблони / Т. Г. Причко, Т. Л. Смелик // Научные труды СКЗНИИСиВ : сб. науч. тр. / Сев.-Кавк. зон. науч.-исслед. ин-т садоводства и виноградарства ; редкол.: Е. А. Егоров (гл. ред.), И. А. Ильина, Э. В. Макарова. – 2015. – Т. 7. – С. 143–146.

9. Bitter pit in apples: pre- and postharvest factors: a review / T. Jemrić, I. Fruk, M. Fruk [et al.] // Spanish Journal of Agricultural Research. – 2016. – Vol. 14. – P. 1–12.

10. Moggia, C. Mineral content of different apple cultivars in relation to fruit quality during storage / C. Moggia, J. A. Yuri, M. Pereira // Acta Horticulturae. – 2006. – Vol. 721. – P. 265–272.

11. Webster, D. H. Mineral composition of apple fruits. Relationships between and within peel, cortex and whole fruit samples / D. H. Webster // Canadian Journal of Plant Science. – 1981. – Vol. 61. – P. 73–85.

12. Элементный состав плодов яблони сорта Синап орловский при некорневых обработках соединениями кальция и биологически активными веществами / Е. В. Леоничева, Т. А. Роева, Л. И. Леонтьева [и др.] // Современное садоводство. – 2017. – № 4. – С. 84–96.

13. Патент RU 2593347 C1, МПК G01N 33/02, A01F 25/00. Способ ранней диагностики и определения предрасположенности плодов яблони к горькой ямчатости при хранении : № 2015132790/15 : заявлено 05.08.2015 : опубл. 10.08.2016 / Причко Т. Г., Германова М. Г., Дрофичева Н. В. ; заявитель Сев.-Кавк. зон. науч.-исслед. ин-т садоводства и виноградарства. – 6 с.

14. Tissue sampling method and mineral attributes to predict bitter pit occurrence in apple fruit: a multivariate approach / C. Amarante, J. P. G. Silveira, C. Steffens [et al.] // Acta Horticulturae. – 2013. – Vol. 1012. – P. 1133–1139.

15. Снижение развития горькой ямчатости на основе оптимизации минерального состава яблок / Т. Г. Причко, Л. Д. Чалая, М. В. Карпушина, Т. Л. Смелик // Фундаментальные и прикладные разработки, формирующие современный облик садоводства и виноградарства : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию со дня образования Гос. науч. учреждения Сев.-Кавк. зон. науч.-исслед. ин-т садоводства и виноградарства, Краснодар, 5–9 сент. 2011 г. / Рос. акад. с.-х. наук, Сев.-Кавк. зон. НИИ садоводства и виноградарства, Рос. фонд фундам. исслед., Деп. сел. хоз-ва Краснод. Края ; редкол.: Е. А. Егоров, И. А. Ильина, Э. В. Макарова. – Краснодар, 2011. – С. 321–327.

16. Яблоки свежие поздних сроков созревания. Технические условия = Яблыкі свежыя позніх тэрмінаў паспявання. Тэхнічныя ўмовы : СТБ 2288-2012 ; введ. 01.07.2013. – Минск : Госстандарт : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2013. – 20 с.

17. Методические рекомендации по хранению плодов, овощей и винограда. Организация и проведение исследований / под общ. ред. С. Ю. Дженеева, В. И. Иванченко. – Ялта : Ин-т винограда и вина «Магарач», 1998. – 152 с.

18. Халафян, А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных : учебник / А. А. Халафян. – 3-е изд. – М. : ООО «Бином-Пресс», 2007. – 512 с.

EFFECT OF CALCIUM CONTENT AND OTHER MINERAL NUTRIENTS ON THE INCIDENCE OF BITTER PIT IN STORED APPLE FRUITS

D. I. MARCINKEVICH, O. S. KARANIK, A. M. KRIVOROT, G. A. NOVIK

Abstract

The study was conducted in 2023–2024 at the Storage and Processing Department of the Republican Unitary Enterprise ‘Institute of Fruit Growing’.

The research focused on fruits of five apple cultivars (Alesya, Arnabel, Vesyalina, Ligol, and Redkraft), which form the core of the institute’s fresh market assortment.

Threshold values for calcium content and the (K + Mg)/Ca ratio in stored apples were identified to minimize losses from bitter pit. For cultivar Arnabel, calcium content should be no less than 12.3 mg/100 g, with a (K + Mg)/Ca ratio not exceeding 17.0 relative units; for Ligol — calcium ≥ 7.2 mg/100 g and ratio ≤ 24.5; and for Redkraft — calcium ≥ 13.5 mg/100 g and ratio ≤ 14.2.

Regression modeling of the dependence of bitter pit incidence on calcium content showed that linear models were the most appropriate for Arnabel, Ligol, and Redkraft. In contrast, the relationship between bitter pit and the (K + Mg)/Ca ratio was best described using logarithmic models.

Keywords: apples, fruits, mineral composition, calcium, potassium, magnesium, bitter pit, storage, Belarus.

Поступила в редакцию 21.02.2025

УДК 634.11:631.526.32:663.813

СЕНСОРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОКОВ ИЗ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ РАЗНОГО СРОКА СЪЕМА

М. Г. МАКСИМЕНКО, А. М. КРИВОРОТ, Д. И. МАРЦИНКЕВИЧ, Г. А. НОВИК, О. С. КАРАНИК

РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by

АННОТАЦИЯ

Приведены сенсорные (органолептические) показатели соков прямого отжима 7 сортов яблони различных сроков потребления: осеннего – Слава победителям, осенне-зимнего – Редкрафт, зимнего – Сябрына, позднезимнего – Белорусское сладкое, Весяліна, Имант, Надзейны в зависимости от срока съема плодов в саду и после краткосрочного хранения. Установлены оптимальные сроки изготовления сока с хорошими органолептическими показателями у сортов: Слава победителям, Редкрафт и Весяліна – техническая степень зрелости, Сябрына и Надзейны – через 14 дней после наступления технической степени зрелости, Имант – через 14 дней после наступления съемной степени зрелости; из плодов, поступивших на переработку из плодохранилища: Слава победителям, Редкрафт и Весяліна – через 7 дней после наступления технической степени зрелости, Сябрына и Имант – через 14 дней после наступления съемной степени зрелости.

Ключевые слова: яблоня, плоды, сроки уборки, съемная зрелость, техническая зрелость, сок прямого отжима, сенсорные показатели качества, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Плоды яблони – основное сырье для производства соковой продукции в Республике Беларусь. К соковой продукции относятся соки (прямого отжима, восстановленные, концентрированные, диффузионные), нектары с мякотью и без мякоти, сокосодержащие напитки, фруктовое пюре.

Как показали обширные исследования, проводившиеся в течение многих лет научными учреждениями мира, для достижения максимального сохранения в готовой продукции ценных компонентов сырья наиболее приоритетной является технология производства соков методом прямого отжима, позволяющая получать продукцию наивысшего качества [1–3]. Для получения высококачественного сока необходимо использовать сорта, плоды которых наиболее пригодны для этого и сняты с деревьев в оптимальные сроки.

Как известно, важной характеристикой качества продуктов питания являются сенсорные (органолептические) показатели и особенно вкусовые. Считается, что оптимальные значения по большинству показателей, определяющих будущее качество сока, яблоки приобретают именно в состоянии технической стадии зрелости. Однако практика показывает, что период максимальной сокоотдачи у яблок ограничен несколькими неделями. В период массовых осенних заготовок перерабатывающие предприятия не в состоянии сразу переработать все яблоки на сок и часть сырья хранится под навесом или в неохлаждаемых складах. В этом случае объем получаемого из такого сырья сока и его качество снижаются.

Поэтому ряд предприятий закладывает сырье на краткосрочное хранение в охлаждаемые хранилища, чтобы использовать его по мере необходимости. В этом случае удается растянуть процесс переработки яблок с минимальными потерями и большей экономической выгодой.

Изучение влияния условий послеуборочного хранения на качество получаемого сока начато сравнительно недавно, а их результаты носят пока спорадический и противоречивый характер.

В Российской Федерации изучение показателей технической степени зрелости яблок применительно к процессу изготовления сока начато в ГНУ Всероссийский НИИ селекции плодовых культур (Орёл).

Коллективом ученых проведены исследования по созданию сортов яблони сокового назначения (под руководством академика РАСХН Е. Н. Седова), их технологической оценке и опре-

делению оптимальных критериев технической степени зрелости, в том числе комплексных (под руководством доктора сельскохозяйственных наук Н. С. Левгеровой) [4–10]. Ими получены данные по оценке качества производимого сока из свежего сырья как непосредственно из сада, так и после его хранения в охлаждаемых условиях.

Результаты проведенных нами предварительных исследований показали, что сокоотдача у яблок одного и того же сорта, убранных в привычные сроки, отличается по годам, а в отдельные годы продукт из пригодных для изготовления сока яблок получается невысокого качества. Часто это расходится с результатами селекционной оценки сортов при их создании. В большинстве случаев, это является следствием сильной зависимости формируемого качества сырья к моменту уборки от внешних факторов среды. У некоторых сортов плоды становятся пригодными к переработке только после съема с дерева, что требует оценки влияния условий их хранения в подготовительный период перед переработкой.

Некоторые исследователи считают, что использование плодов после хранения (в физиологической степени зрелости) приводит к улучшению вкусовых качеств соков [11]. Поэтому скрининг полученных данных по определению сроков съема плодов для изготовления соков представляет определенный научный интерес.

В этой связи целью настоящих исследований явилось определение сенсорного качества марочных неосветленных соков прямого отжима разных сортов в зависимости от срока уборки и хранения их плодов.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являлись 7 сортов яблони различных сроков потребления: осеннего – Слава победителям, осенне-зимнего – Редкрафт, зимнего – Сябрына, позднезимнего – Белорусское сладкое, Весяліна, Имант, Надзейны [12] и 224 опытных образца сока прямого отжима из плодов этих сортов, убранных в саду в разные сроки и снятых с хранения в разные сроки.

Исследования осуществляли по «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Мичуринск, 1973) [13].

Отбор проб для исследований и закладку на хранение плодов яблони проводили согласно «Методическим рекомендациям по хранению плодов, овощей и винограда» (Ялта, 1998) [14].

Свежие плоды для изготовления марочного сока, соответствующие требованиям ГОСТ 27572-2017 [15], снимали с деревьев в 12 сроков: за 5–7 дней до предполагаемого наступления съемной зрелости, затем через 7 и 14 дней; в состоянии съемной зрелости и через 7 и 14 дней; технической и через 7 и 14 дней; потребительской зрелости и через 7 и 14 дней и закладывали на хранение при температуре 0...+1 °С и относительной влажности воздуха 90–95 % в холодильных камерах отдела хранения и переработки РУП «Институт плодоводства». Предварительное охлаждение плодов перед закладкой на хранение производили в холодильных камерах в течение 12 ч при температуре +4…+6 °С.

Опытные образцы соков изготовляли в соответствии с технологической инструкцией по изготовлению консервов на экспериментальном производстве РУП «Институт плодоводства» [16].

Переработку образцов каждого сорта яблони проводили раздельно по вариантам опыта:

1с – в 1-й срок съема (за 5–7 дней до наступления съемной степени зрелости плодов);

1/7с – из сада через 7 дней после 1-го срока съема;

1/7х – после хранения плодов 1-го срока съема в хранилище в течение 7 дней;

1/14с – из сада через 14 дней после 1-го срока съема;

1/14х – после хранения плодов 1-го срока съема в хранилище в течение 14 дней;

2с – во 2-й срок съема (плоды в съемной степени зрелости);

2/7с – из сада через 7 дней после 2-го срока съема;

2/7х – после хранения плодов 2-го срока съема в хранилище в течение 7 дней;

2/14с – из сада через 14 дней после 2-го срока съема;

2/14х – после хранения плодов 2-го срока съема в хранилище в течение 14 дней;

3с – в 3-й срок съема (плоды в технической степени зрелости);

3/7с – из сада через 7 дней после 3-го срока съема;
3/7х – после хранения плодов 3-го срока съема в хранилище в течение 7 дней;
3/14с – из сада через 14 дней после 3-го срока съема;
3/14х – после хранения плодов 3-го срока съема в хранилище в течение 14 дней;
4с – в 4-й срок съема (плоды в потребительской степени зрелости);
4/7с – из сада через 7 дней после 4-го срока съема;
4/7х – после хранения плодов 4-го срока съема в хранилище в течение 7 дней;
4/14с – из сада через 14 дней после 4-го срока съема;
4/14х – после хранения плодов 4-го срока съема в хранилище в течение 14 дней.

Органолептические показатели определяли на заседаниях дегустационной комиссии РУП «Институт плодоводства» по пятибалльной шкале.

Для обработки полученных данных были применены методы однофакторного дисперсионного анализа в программных пакетах Microsoft Excel и STATISTICA 10.0 [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Особое значение при анализе качества пищевой продукции имеют органолептические достоинства продукта. Соки должны иметь натуральные, хорошо выраженные, свойственные данному сорту яблок вкус и аромат. Посторонние привкус и запах не допускаются [18].

В результате проведенных дегустационных определений и математической обработки их данных были получены сенсорные оценки образцов сока по органолептическим показателям (внешний вид, окраска, аромат и вкус) с выведением общего среднего балла (см. таблицу).

Органолептическая оценка яблочных неосветленных марочных соков прямого отжима (2022–2023 гг.), балл

Сорт	Вариант	Сад					Хранение				
		Внешний вид	Окраска	Аромат	Вкус	Общая средняя	Внешний вид	Окраска	Аромат	Вкус	Общая средняя
Слава победителям	1	4,8	4,6	4,3	3,9	4,4	–	–	–	–	–
	1/7	4,3	4,2	4,1	4,2	4,2	4,5	4,5	4,0	3,6	4,1
	1/14	3,7	3,7	4,0	3,9	3,8	4,7	4,6	4,2	3,6	4,2
	2	3,7	3,7	4,0	3,9	3,8	–	–	–	–	–
	2/7	4,0	3,9	4,3	4,0	4,1	4,3	4,2	4,3	3,7	4,1
	2/14	4,0	4,0	4,4	4,0	4,1	4,4	4,3	4,4	3,8	4,2
	3	4,2	4,2	4,5	4,4	4,3	–	–	–	–	–
	3/7	4,1	4,1	4,2	3,9	4,1	4,4	4,5	4,4	4,5	4,4
	3/14	4,1	4,0	4,2	4,0	4,1	4,4	4,4	4,2	3,8	4,2
	4	4,1	4,1	4,2	3,9	4,1	–	–	–	–	–
	4/7	4,3	4,2	4,5	4,0	4,3	4,6	4,6	4,5	4,3	4,5
	4/14	4,0	4,2	4,7	4,6	4,4	4,0	4,0	4,6	4,7	4,3
Редкрафт	1	4,1	4,0	3,9	3,8	4,0	–	–	–	–	–
	1/7	4,0	4,1	4,2	4,0	4,1	4,3	4,3	4,5	4,5	4,4
	1/14	4,0	4,4	4,3	4,2	4,2	4,3	4,4	4,8	4,6	4,5
	2	4,0	4,1	4,2	4,0	4,1	–	–	–	–	–
	2/7	4,0	4,4	4,3	4,2	4,2	4,8	4,7	4,3	4,3	4,5
	2/14	4,2	4,3	4,4	4,4	4,3	4,7	4,8	4,5	4,4	4,6
	3	4,0	4,4	4,3	4,2	4,2	–	–	–	–	–
	3/7	4,2	4,3	4,4	4,4	4,3	4,6	4,5	4,3	4,1	4,4
	3/14	4,3	4,5	4,7	4,8	4,6	4,4	4,3	4,5	4,6	4,5
	4	4,2	4,3	4,4	4,4	4,3	–	–	–	–	–
	4/7	4,3	4,5	4,7	4,8	4,6	4,5	4,6	4,6	4,4	4,5
	4/14	–	–	–	–	–	4,4	4,4	4,5	4,3	4,4

Продолжение таблицы

Сорт	Вариант	Сад					Хранение				
		Внешний вид	Окраска	Аромат	Вкус	Общая средняя	Внешний вид	Окраска	Аромат	Вкус	Общая средняя
Сябрына	1	4,3	4,3	4,3	3,9	4,2	–	–	–	–	–
	1/7	4,3	4,3	4,2	4,0	4,2	4,6	4,4	4,3	4,0	4,3
	1/14	4,2	4,2	4,3	4,4	4,2	4,6	4,5	4,4	3,9	4,3
	2	4,3	4,3	4,2	4,0	4,2	–	–	–	–	–
	2/7	4,2	4,2	4,3	4,4	4,2	4,6	4,4	4,4	4,3	4,4
	2/14	4,3	4,2	4,2	3,8	4,1	4,6	4,6	4,5	4,5	4,6
	3	4,2	4,2	4,3	4,4	4,2	–	–	–	–	–
	3/7	4,3	4,2	4,2	3,8	4,1	4,5	4,5	4,6	4,6	4,6
	3/14	3,9	4,0	4,4	4,3	4,2	4,7	4,6	4,5	4,6	4,6
	4	4,3	4,2	4,2	3,8	4,1	–	–	–	–	–
	4/7	3,9	4,0	4,4	4,3	4,2	4,7	4,5	4,3	4,0	4,4
	4/14	–	–	–	–	–	4,5	4,5	4,4	4,1	4,4
Белорусское сладкое	1	3,2	3,3	3,5	3,7	3,4	–	–	–	–	–
	1/7	3,1	3,2	3,6	3,8	3,4	3,5	3,9	3,7	3,6	3,7
	1/14	3,1	3,3	3,4	3,5	3,3	3,6	3,9	3,7	3,7	3,7
	2	3,1	3,3	3,3	3,5	3,3	–	–	–	–	–
	2/7	3,1	3,6	3,6	3,9	3,5	3,7	3,8	3,6	3,5	3,6
	2/14	3,2	3,3	4,0	3,9	3,6	4,2	4,1	3,9	4,0	4,1
	3	3,4	3,7	3,5	3,7	3,6	–	–	–	–	–
	3/7	3,2	3,3	3,5	3,6	3,4	3,9	4,2	4,3	4,2	4,1
	3/14	3,3	3,4	3,3	3,5	3,4	3,7	3,9	3,9	3,8	3,8
	4	3,2	3,3	3,5	3,6	3,4	–	–	–	–	–
	4/7	3,3	3,4	3,3	3,5	3,4	3,9	4,0	3,6	3,8	3,8
	4/14	3,6	3,9	3,3	3,4	3,5	3,6	3,9	3,8	3,9	3,8
Весяліна	1	3,9	3,7	4,2	3,3	3,8	–	–	–	–	–
	1/7	3,9	4,0	4,1	3,8	3,9	4,0	4,0	4,0	3,5	3,9
	1/14	3,5	3,6	4,2	4,2	3,9	4,0	4,1	4,1	3,9	4,0
	2	3,9	4,0	4,1	3,8	3,9	–	–	–	–	–
	2/7	3,5	3,6	4,2	4,2	3,9	4,3	4,4	4,3	4,1	4,3
	2/14	3,8	3,8	4,2	4,2	4,0	4,3	4,4	4,3	4,1	4,3
	3	3,5	3,6	4,2	4,2	3,9	–	–	–	–	–
	3/7	3,9	3,8	4,3	4,3	4,1	4,4	4,5	4,4	4,3	4,4
	3/14	3,8	3,8	4,2	4,2	4,0	4,5	4,6	4,4	4,4	4,4
	4	3,9	3,8	4,3	4,3	4,1	–	–	–	–	–
	4/7	3,8	3,8	4,2	4,2	4,0	4,4	4,6	4,4	4,6	4,5
	4/14	–	–	–	–	–	4,2	4,5	4,5	4,6	4,4
Надзейны	1	4,2	4,4	3,8	3,5	4,0	–	–	–	–	–
	1/7	4,1	4,4	4,4	4,4	4,3	4,4	4,3	3,8	3,3	3,9
	1/14	4,3	4,3	4,2	3,8	4,1	4,5	4,5	4,0	3,7	4,2
	2	3,8	4,0	3,9	3,3	3,8	–	–	–	–	–
	2/7	4,0	4,3	4,2	3,9	4,1	4,4	4,3	4,1	3,8	4,1
	2/14	4,2	4,2	4,3	4,3	4,2	4,6	4,7	4,3	4,0	4,4
	3	4,5	4,6	4,2	3,8	4,3	–	–	–	–	–
	3/7	4,4	4,3	4,2	4,2	4,3	4,6	4,5	4,3	3,9	4,3
	3/14	4,7	4,6	4,1	4,4	4,4	4,5	4,3	4,0	3,6	4,1
	4	4,4	4,3	4,2	4,2	4,3	–	–	–	–	–
	4/7	4,7	4,6	4,1	4,4	4,4	4,5	4,3	4,1	3,6	4,1
	4/14	3,9	4,2	4,1	3,8	4,0	4,5	4,4	4,4	4,2	4,4

Окончание таблицы

Сорт	Вариант	Сад					Хранение				
		Внешний вид	Окраска	Аромат	Вкус	Общая средняя	Внешний вид	Окраска	Аромат	Вкус	Общая средняя
Имант	1	3,6	4,1	4,3	4,3	4,1	–	–	–	–	–
	1/7	4,4	4,2	4,2	4,4	4,3	4,4	4,4	4,1	4,1	4,3
	1/14	4,0	4,2	4,4	4,1	4,2	4,3	4,3	4,0	4,1	4,2
	2	4,4	4,2	4,2	4,4	4,3	–	–	–	–	–
	2/7	4,0	4,2	4,4	4,1	4,2	4,3	4,2	4,1	4,0	4,1
	2/14	4,1	4,4	4,3	4,0	4,2	4,1	4,7	4,4	4,2	4,3
	3	4,0	4,2	4,4	4,1	4,2	–	–	–	–	–
	3/7	4,1	4,4	4,3	4,0	4,2	4,0	4,2	4,5	4,4	4,3
	3/14	4,4	4,5	4,2	4,0	4,3	4,0	4,3	4,4	4,2	4,2
	4	4,1	4,4	4,3	4,0	4,2	–	–	–	–	–
	4/7	4,4	4,5	4,2	4,0	4,3	4,1	4,4	4,2	3,9	4,2
	4/14	–	–	–	–	–	4,2	4,3	4,3	4,0	4,2

Среди изучаемых образцов сока из плодов сорта Слава победителям по вкусу и общей средней оценке наиболее выделились варианты 3с (4,4 и 4,3 балла соответственно), 3/7х (4,5 и 4,4 балла), 4/7х (4,3 и 4,5 балла), 4/14с (4,6 и 4,4 балла) и 4/14х (4,7 и 4,3 балла, соответственно). Внешний вид и окраска у образцов вариантов 2с и 1/14с имели бледный невзрачный цвет и плотный осадок (3,7 балла) и по вкусу были кислыми (3,9 балла).

Образцы сока из плодов сорта Редкрафт в основном отмечались хорошими органолептическими показателями. Общая средняя оценка составила 4,1–4,6 балла. Исключение составил вариант 1с, у которого сок был кислым и аромат слабовыраженным (3,8 и 3,9 соответственно). Внешний вид и окраска были оценены на 4,0 балла и выше.

Общая средняя оценка образцов сока из сорта Сябрына составила 4,1–4,6 балла. В то же время у некоторых образцов (варианты 1с, 2/14с, 3/7с, 4с и 1/14х) члены дегустационной комиссии отметили кисловатый вкус (3,8–3,9 балла), однако это не повлияло на общую среднюю оценку.

Все образцы сока из плодов сорта Белорусское сладкое были мутными, имели блеклую молочную окраску, наличие большого желеобразного осадка, невыраженный аромат, негармоничный пресно-сладкий вкус. Общая средняя дегустационная оценка составила 3,3–4,1 балла.

Образцы сока из сорта Весяліна, изготовленные из плодов после хранения, характеризовались лучшим внешним видом и окраской (4,0–4,6 балла), чем изготовленные из плодов, снятых с дерева (3,5–4,0 балла). Образцы из плодов, снятых в саду, и варианты 1/7х, 1/14х обладали кисловатым вкусом. По вкусу и общей средней оценке выделились следующие варианты сока: 2/14с (4,2 и 4,0 балла соответственно), 3/7с (4,3 и 4,1 балла соответственно), 4с (4,3 и 4,1 балла соответственно), 4/7с (4,2 и 4,0 балла соответственно) и практически все, изготовленные после хранения плодов (4,0–4,5 балла), за исключением 1/7х (3,5 и 3,9 балла соответственно) и 1/14х (3,9 и 4,0 балла соответственно).

Представленные на дегустацию соки из сорта Надзейны имели хороший внешний вид и окраску (4,0–4,7 балла), кроме вариантов 2с и 4/14с (3,8 и 3,9 балла соответственно за внешний вид), так как были слегка мутные. По вкусовым качествам и общей средней оценке наиболее выделились образцы 1/7с, 2/14с, 3/7с, 3/14с, 4с, 4/7с, 2/14х и 4/14х. У остальных образцов отмечен кислый вкус (3,3–3,9 балла).

Изучаемые образцы сока из плодов сорта Имант характеризовались хорошими органолептическими показателями (более 4,0 балла), за исключением сока, изготовленного по варианту 1с, имевшего плотный желеобразный осадок, в то же время по вкусу и аромату он был на уровне и даже превосходил другие образцы (4,3 балла).

Анализ полученных сенсорных показателей качества соков прямого отжима выявил, что наивысшая средняя дегустационная оценка сока из плодов яблони сорта Слава победителям была у варианта 4/7х (4,5 балла), Редкрафт – 2/14х, 3/14с и 4/7с (4,6 балла), Сябрына – 2/14х, 3/7х, 3/14х (4,6 балла), Белорусское сладкое – 2/14х и 3/7х (4,1 балла), Весяліна – 4/7х (4,5 балла), Надзейны – 3/14с, 4/7с, 2/14х, 4/14х (4,4 балла), Имант – 1/7с, 2с, 3/14с, 4/7с, 1/7х, 2/14х, 3/7х, (4,3 балла).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали влияние помологических сортов, сроков уборки и хранения плодов яблони на сенсорные показатели качества соков прямого отжима.

Установлены оптимальные сроки изготовления сока с хорошими органолептическими показателями у сортов: Слава победителям, Редкрафт и Весяліна – вариант 3 (техническая степень зрелости), Сябрына и Надзейны – вариант 3/14 (через 14 дней после наступления технической степени зрелости), Имант – вариант 2/14 (через 14 дней после наступления съемной степени зрелости); из плодов, поступивших на переработку из плодохранилища: Слава победителям, Редкрафт и Весяліна – вариант 3/7 (через 7 дней после наступления технической степени зрелости), Сябрына и Имант – вариант 3/14 (через 14 дней после наступления съемной степени зрелости).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кузнецова, Н. А. Переработка плодов, овощей и картофеля / Н. А. Кузнецова : справ. пособие. – Минск : Ураджай, 1993. – 344 с.

2. Широков, Е. П. Хранение продукции растениеводства с основами стандартизации и сертификации / Е. П. Широков, В. И. Полегаев / Ч. 1.: Картофель, плоды, овощи. – М. : Колос, 1999. – 254 с.

3. Жолик, Г. А. Технология хранения и переработки картофеля, овощей, плодов и ягод / Г. А. Жолик. – Минск : Ураджай, 2001. – 135 с.

4. Левгерова, Н. С. Оценка пригодности сортов яблони и смородины нового поколения как сырья для соковой отрасли / Н. С. Левгерова, Е. С. Салина, И. А. Сидорова // Научные основы развития современного садоводства в условиях импортозамещения : материалы науч.-практ. конф. (Мичуринск, 1–3 июня 2016 г.) / Всерос. науч.-исслед. ин-т садоводства им. И. В. Мичурина ; редкол.: Ю. В. Трунов [и др.]. – Мичуринск : Изд-во ВНИИС, 2016. – С. 25–30.

5. Левгерова, Н. С. Сорта плодовых и ягодных культур для использования в качестве сырья в соковом производстве / Н. С. Левгерова, И. А. Сидорова // Селекция, генетика и сортовая агротехника плодовых культур. – 2011. – С. 38–44.

6. Салина, Е. С. Сорта яблони селекции ВНИИСПК для использования в соковом производстве / Е. С. Салина, Н. С. Левгерова, И. А. Сидорова // Селекция, генетика и сортовая агротехника плодовых культур. – 2013. – С. 39–43.

7. Сидорова, И. А. Пригодность сортов яблони селекции ВНИИСПК для производства высококачественного сока : автореф. дис. … канд. с.-х. наук : 06.01.05 / Сидорова Ирина Анатольевна ; Орлов. гос. аграр. ун-т им. Н. В. Парахина. – Орёл, 2018. – 23 с.

8. Салина, Е. С. Влияние генотипа и среды на выход и качество яблочного сока / Е. С. Салина, И. А. Сидорова, Н. С. Левгерова // Идеи Н. И. Вавилова в современном мире : тез. докл. IV Вавил. междунар. конф., 20–24 нояб. 2017 г. / Федер. агентство науч. орг., Всерос. ин-т генет. ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР), Вавил. о-во генетиков и селекционеров СПб. [и др.]. – СПб., 2017. – С. 306.

9. Салина, Е. С. Сравнительная характеристика некоторых комплексных показателей степени зрелости плодов яблони при определении технической степени зрелости для сока / Е. С. Салина, И. А. Сидорова, Н. С. Левгерова // Садоводство и виноградарство. – 2019. – № 2. – С. 52–55.

10. Салина, Е. С. Влияние сортовых особенностей и срока хранения яблок на некоторые технологические показатели плодов для производства сока / Е. С. Салина, И. А. Сидорова // Потребительский рынок: качество и безопасность продовольственных товаров : материалы VI междунар. науч.-практ. интернет-конф., г. Орёл, 14–15 дек. 2011 г. – Орёл : Госуниверситет-УНПК, 2011. – С. 127–130.

11. Казанцева, М. А. Анализ качества соков из яблок разных сроков хранения / М. А. Казанцева. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-kachestva-sokov-iz-yablok-raznyh-srokov-hraneniya (дата обращения: 22.01.2025).

12. Сорта плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда, включенные в государственный реестр сортов и находящиеся на испытании в Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений / Ин-т плодоводства ; отв. за вып. В. В. Васеха. – Самохваловичи : [б. и.], 2021. – 32 с.

13. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / М-во сел. хоз-ва СССР, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т садоводства им. И. В. Мичурина ; редкол.: Г. А. Лобанов [и др.] ; под общ. ред. Г. А. Лобанова. – Мичуринск : ВНИИС им. И. В. Мичурина, 1973. – 495 с.

14. Методические рекомендации по хранению плодов, овощей и винограда. Организация и проведение исследований / под общ. ред. С. Ю. Дженеева и В. И. Иванченко. – Ялта : Ин-т винограда и вина «Магарач», 1998. – 152 с.

15. Яблоки свежие для промышленной переработки. Технические условия : ГОСТ 27572-2017. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200157622 (дата обращения: 22.01.2025).

16. Технологическая инструкция по изготовлению консервов на экспериментальном производстве РУП «Институт плодоводства» : ТИ BY 190239501.8.089-2013. – Минск : Науч.-практ. центр НАН по продовольствию, 2013. – 15 с.

17. Халафян, А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных / А. А. Халафян – 3-е изд. – М. : Бином-Пресс, 2007. – 508 с.

18. Консервы. Соки фруктовые прямого отжима. Общие технические условия : СТБ 1823-2008. – Введ. 01.09.2008. – Минск : Госстандарт, 2007. – 24 с.

SENSORY CHARACTERISTICS OF JUICES FROM APPLE FRUITS HARVESTED AT DIFFERENT TIMES

M. G. MAKSIMENKO, A. M. KRIVOROT, D. I . MARCINKEVICH, G. A. NOVIK, O. S. KARANIK

Abstract

This article presents the sensory (organoleptic) characteristics of direct-pressed juices from seven apple cultivars with different harvest periods: autumn – Slava Pobeditelyam; autumn-winter – Redkraft; winter – Syabryna; and late-winter – Belorusskoye Sladkoye, Vesyalina, Imant, and Nadzeiny. The study analyzed how juice quality varies depending on harvest time and short-term postharvest storage.

Optimal juice production timing to achieve favorable organoleptic characteristics was determined as follows:

Slava Pobeditelyam, Redkraft, and Vesyalina – at the stage of technical ripeness;

Syabryna and Nadzeiny – 14 days after reaching technical ripeness;

Imant – 14 days after reaching harvest maturity.

For fruits processed from cold storage, the optimal juice production time was:

Slava Pobeditelyam, Redkraft, and Vesyalina – 7 days after reaching technical ripeness;

Syabryna and Imant – 14 days after reaching harvest maturity.

Keywords: apple, fruits, harvest time, harvest maturity, technical ripeness, direct-pressed juice, sensory quality indicators, Belarus.

Поступила в редакцию 04.03.2025

УДК 634.74:582.976:581.192:631.563

ГЕНОТИПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И АНТИОКСИДАНТНОГО КОМПЛЕКСА ПЛОДОВ ЖИМОЛОСТИ СИНЕЙ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ В ОБЫЧНОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ ПРИ НИЗКОЙ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Ж. А. РУПАСОВА, Н. Б. ПАВЛОВСКИЙ, П. Н. БЕЛЫЙ, А. С. САЯН, А. В. УШАКОВА, С. Н. АВРАМЕНКО, А. Г. ПАВЛОВСКАЯ, А. В. РАЛЬЦЕВИЧ

ГНУ «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси», ул. Сурганова, 2в, г. Минск, 220012, Беларусь, e-mail: rupasova@basnet.by

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты сравнительного исследования особенностей трансформации биохимического состава плодов сортов жимолости синей – Aurora, Zojka, Wojtek, Indigo Gem, Honey Bee и Ленинградский великан в процессе 8-суточного хранения в условиях обычной газовой среды при температуре (+4 ± 1) °С. Установлено их обеднение на 17–32 % свободными органическими, на 20–40 % аскорбиновой и на 16–50 % гидроксикоричными кислотами, на 3–14 % пектинами, на 19–34 % дубильными веществами, на 6–14 % антоциановыми пигментами, в том числе на 5–26 % собственно антоцианами, на 7–31 % лейкоантоцианами и на 3–6 % Р-витаминами при обогащении на 7–25 % катехинами, на 7–36 % флавонолами, на 8–29 % растворимыми сахарами и увеличении на 34–82 % показателя сахарокислотного индекса. Показано, что направленность и степень выразительности выявленных тенденций определялись продолжительностью периода хранения, генотипом растений и химической природой органических соединений. У большинства таксонов жимолости наблюдалось снижение в 1,3–1,9 раза интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов по совокупности 14 биохимических характеристик, наименее значительное у сортов Indigo Gem и Honey Bee и наибольшее у сорта Wojtek, и лишь у сорта Zojka отмечено его увеличение в 1,2 раза.

Трансформация биохимического состава плодов сопровождалась ослаблением их антирадикальных свойств, наиболее выраженным на втором этапе хранения и обусловленным снижением антиоксидантной и ферментативной активности соответственно на 10–42 % и 9–73 % при наименьшей степени деградации антиоксидантного комплекса плодов у районированного сорта Ленинградский великан и наибольшей, превосходившей ее в 5,5 раза, – у сорта Honey Bee.

Ключевые слова: жимолость синяя, трансформация, хранение, биохимический состав, антиоксиданты.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы особой популярностью у населения республики пользуются плоды жимолости синей, являющиеся ценным пищевым и лечебно-профилактическим продуктом, в связи с чем особый научный и практический интерес обретают вопросы их хранения, кратковременность периода которого ограничивает возможности реализации и поставок ягодной продукции на внутренний и внешний рынки. Наиболее приемлемым в этом плане представляется хранение ягод жимолости в холодильных установках при низких положительных температурах. По нашим наблюдениям, его продолжительность в этих условиях не превышает 10–11 суток [1].

Вместе с тем продолжающиеся при этом процессы их жизнедеятельности приводят к обезвоживанию тканей и сопровождаются расходованием части накопленных органических соединений, обусловливающим изменение качества и органолептических свойств ягодной продукции. Однако в научной литературе практически отсутствует информация о происходящих при этом изменениях в их биохимическом составе, в связи с чем представляется целесообразным установление степени зависимости трансформации ее биохимического состава от генотипа растений и продолжительности периода хранения. С этой целью в 2024 г. проведен соответствующий лабораторный эксперимент по сравнительному исследованию изменений в содержании ряда органических кислот, углеводов и фенольных соединений в процессе хранения плодов пяти новых интродуцируемых сортов жимолости синей из коллекционного фонда Центрального ботанического сада НАН Беларуси – Aurora, Zojka, Wojtek, Indigo Gem, Honey Bee и районированного в Беларуси сорта Ленинградский великан в условиях обычной газовой среды при температуре (+4 ± 1) °С.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Выращивание опытных растений осуществляли в южной агроклиматической зоне республики на экспериментальном участке отраслевой лаборатории интродукции и технологии нетрадиционных ягодных растений ЦБС НАН Беларуси (Ганцевичский р-н Брестской обл.) на осушенной торфяно-болотной почве. По достижении плодами состояния съемной зрелости их собирали и закладывали на хранение. В качестве тары использовали одноразовые пищевые пластиковые контейнеры с отверстиями объемом 400 мл (Т 602 для ягод и фруктов с крышками Т 601). Образцы, сформированные только из внешне здоровых плодов, хранили в холодильнике при низких положительных температурах (+4 ± 1) °С и относительной влажности воздуха 40–70 %. Исследование биохимического состава их усредненных проб осуществляли перед закладкой на хранение 30 мая, а также дважды за период хранения – 3 и 7 июня с интервалом в 4 дня. В дальнейшем, из-за утраты плодами потребительских свойств, эксперимент был прекращен.

На обозначенных этапах хранения плодов определяли содержание в них органических соединений, относящихся к разным классам действующих веществ. При этом учитывали содержание сухих веществ – по ГОСТ 28561-90 [2]; аскорбиновой кислоты (витамина С) – стандартным индофенольным методом; титруемых кислот (общей кислотности) – объемным методом [3], гидроксикоричных кислот (в пересчете на хлорогеновую) – спектрофотометрическим методом [4]; растворимых сахаров – ускоренным полумикрометодом [5]; пектиновых веществ – кальциево-пектатным методом [3]; суммы антоциановых пигментов – по методу T. Swain, W. E. Hillis [6], с построением градуировочной кривой по кристаллическому цианидину, полученному из плодов аронии черноплодной и очищенному по методике Ю. Г. Скориковой и Э. А. Шафтан [7]; собственно антоцианов и суммы катехинов (с использованием ванилинового реактива) – фотоэлектроколориметрическим методом [8, 3]; суммы флавонолов (в пересчете на рутин) – спектрофотометрическим методом [3]; дубильных веществ (танинов) – титриметрическим методом Левенталя [9]. Сравнение опытных сортов жимолости по интегральному уровню питательной и витаминной ценности плодов на разных этапах хранения осуществляли на основе авторского способа ранжирования объектов по совокупности анализируемых признаков, защищенного патентом [10]. Антиоксидантную активность этанольных экстрактов из свежих плодов (АОА) определяли с использованием 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (ДФПГ) [11, 12], активность пероксидазы – по методу А. Н. Бояркина [13]; полифенолоксидазы – с пирокатехином по методу [14]; каталазы – по методу А. Н. Баха и А. И. Опарина [15].

Все определения выполнены в трехкратной биологической и аналитической повторностях. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование биохимического состава плодов обозначенных выше таксонов жимолости перед закладкой на хранение выявило в нем заметные генотипические различия, подтверждаемые значительной шириной диапазонов варьирования в сортовом ряду большинства анализируемых признаков (табл. 1–3). Так, содержание сухих веществ в ягодной продукции изменялось в диапазоне 11,8–14,5 %, свободных органических, аскорбиновой и гидроксикоричных кислот – в интервалах 13,4–27,5 %, 295,3–402,3 и 441,7–560,1 мг/100 г соответственно, растворимых сахаров – 32,0–54,3 % при величине сахарокислотного индекса 1,31–3,42. Подобные диапазоны варьирования содержания пектиновых и дубильных веществ охватывали области значений 4,94–8,76 и 3,10–3,87 % соответственно, а биофлавоноидов –10 665–27 776 мг/100 г, в том числе антоциановых пигментов – 7897–22 298 мг/100 г, из них собственно антоцианов и лейкоантоцианов 4190–18 223 и 1745–5511 мг/100 г при изменении содержания катехинов и флавонолов в пределах 536–1357 и 1924–4121 мг/100 г соответственно.

Вместе с тем, несмотря на весьма непродолжительный период хранения плодов, ограниченный лишь 8 сутками, в их биохимическом составе обнаружены значительные изменения, характеризовавшиеся как наличием отчетливо выраженных общих закономерностей, так и индивидуальными для исследуемых объектов особенностями данного процесса (табл. 4).

Таблица 1. **Содержание сухих веществ и органических кислот (в сухой массе) в плодах интродуцируемых сортов *Lonicera caerulea* на разных этапах хранения в условиях обычной газовой среды при температуре (+4 ± 1) °С**

Срок	Сухие вещества, %		Органические кислоты					
			титруемые, %		аскорбиновая, мг/100 г		гидроксикоричные, мг/100 г	
	$X \pm st$	$t_{Ст}$	$X \pm st$	$t_{Ст}$	$X \pm st$	$t_{Ст}$	$X \pm st$	$t_{Ст}$
Ленинградский великан								
30 мая (начало хранения)	14,5 ± 0,3	–	15,9 ± 0,1	–	327,8 ± 6,8	–	524,6 ± 14,2	–
3 июня	14,7 ± 0,5	0,3	14,6 ± 0,1	–18,0*	293,4 ± 6,7	–3,6*	481,2 ± 3,9	–2,9*
7 июня	15,0 ± 0,3	1,2	12,9 ± 0,1	–40,3*	259,6 ± 4,3	–8,5*	437,8 ± 6,8	–5,5*
Aurora								
30 мая (начало хранения)	11,8 ± 0,1	–	20,7 ± 0,1	–	375,4 ± 2,9	–	453,6 ± 10,4	–
3 июня	12,1 ± 0,1	1,5	17,1 ± 0,1	–41,2*	344,2 ± 5,8	–4,8*	414,1 ± 6,8	–3,2*
7 июня	12,8 ± 0,1	5,5*	14,6 ± 0,1	–95,9*	296,6 ± 10,1	–7,5*	358,9 ± 3,9	–8,5*
Zojka								
30 мая (начало хранения)	14,2 ± 0,1	–	13,4 ± 0,1	–	314,5 ± 3,3	–	489,1 ± 10,4	–
3 июня	13,4 ± 0,2	–3,4*	10,4 ± 0,1	–25,9*	296,2 ± 3,4	–3,8*	343,1 ± 6,8	–11,7*
7 июня	13,3 ± 0,1	–6,0*	9,1 ± 0,2	–20,8*	250,6 ± 4,7	–11,1*	284,0 ± 6,8	–16,5*
Wojtek								
30 мая (начало хранения)	12,9 ± 0,3	–	27,5 ± 0,1	–	402,3 ± 7,6	–	441,7 ± 8,8	–
3 июня	13,4 ± 0,3	1,1	23,9 ± 0,1	–23,0*	343,6 ± 7,3	–5,6*	398,3 ± 10,4	–3,2*
7 июня	13,7 ± 0,3	1,8	22,3 ± 0,1	–35,6*	313,7 ± 7,2	–8,5*	362,9 ± 10,4	–5,8*
Indigo Gem								
30 мая (начало хранения)	13,8 ± 0,1	–	18,7 ± 0,1	–	295,3 ± 7,1	–	449,8 ± 18,2	–
3 июня	13,8 ± 0,3	–0,1	17,1 ± 0,1	–12,2*	223,7 ± 7,2	–7,1*	331,3 ± 13,7	–5,2*
7 июня	14,7 ± 0,2	3,3*	15,6 ± 0,1	–25,2*	177,3 ± 6,7	–12,1*	224,8 ± 6,9	–11,6*
Honey Bee								
30 мая (начало хранения)	12,8 ± 0,2	–	20,0 ± 0,1	–	357,6 ± 5,0	–	560,1 ± 10,4	–
3 июня	13,3 ± 0,2	2,0	16,0 ± 0,1	–42,2*	313,4 ± 7,4	–4,9*	500,9 ± 17,2	–2,9*
7 июня	14,0 ± 0,3	3,1*	13,5 ± 0,1	–59,5*	271,3 ± 4,6	–12,6*	461,5 ± 6,8	–7,9*

* Статистически значимые по *t*-критерию Стьюдента различия с исходным уровнем при $p < 0,05$.

Таблица 2. **Содержание растворимых сахаров и пектиновых веществ в сухой массе плодов интродуцируемых сортов *Lonicera caerulea* на отдельных этапах хранения в условиях обычной газовой среды при температуре (+4 ± 1) °С**

Срок	Растворимые сахара, %		Сахарокислотный индекс		Пектиновые вещества, %	
	$X \pm st$	$t_{Ст}$	$X \pm st$	$t_{Ст}$	$X \pm st$	$t_{Ст}$
Ленинградский великан						
30 мая (начало хранения)	54,3 ± 0,7	–	3,42 ± 0,04	–	8,61 ± 0,09	–
3 июня	56,3 ± 0,7	2,1	3,87 ± 0,05	7,3*	8,68 ± 0,12	0,4
7 июня	59,0 ± 1,0	3,9*	4,57 ± 0,07	14,2*	8,33 ± 0,02	–3,1*
Aurora						
30 мая (начало хранения)	42,0 ± 1,0	–	2,03 ± 0,05	–	6,50 ± 0,05	–
3 июня	43,7 ± 0,3	1,6	2,56 ± 0,01	11,2*	6,55 ± 0,04	0,8
7 июня	45,3 ± 0,7	2,8*	3,10 ± 0,04	18,3*	6,24 ± 0,04	–4,3*
Zojka						
30 мая (начало хранения)	38,0 ± 1,0	–	2,83 ± 0,11	–	6,81 ± 0,06	–
3 июня	43,0 ± 1,0	3,5*	4,13 ± 0,12	12,6*	6,16 ± 0,09	–6,0*
7 июня	46,7 ± 0,7	7,2*	5,16 ± 0,21	14,6*	5,87 ± 0,11	–10,0*
Wojtek						
30 мая (начало хранения)	36,0 ± 0,1	–	1,31 ± 0,01	–	8,76 ± 0,10	–
3 июня	39,3 ± 0,9	3,8*	1,65 ± 0,4	8,2*	8,84 ± 0,10	0,5
7 июня	40,0 ± 1,0	4,0*	1,80 ± 0,05	10,3*	8,58 ± 0,09	–1,3

Окончание таблицы 2

Срок	Растворимые сахара, %		Сахарокислотный индекс		Пектиновые вещества, %	
	$X \pm st$	$t_{Ст}$	$X \pm st$	$t_{Ст}$	$X \pm st$	$t_{Ст}$
Indigo Gem						
30 мая (начало хранения)	32,0 ± 0,1	–	1,71 ± 0,01	–	6,16 ± 0,01	–
3 июня	34,7 ± 0,7	4,0*	2,03 ± 0,02	9,4*	5,91 ± 0,04	–6,5*
7 июня	41,3 ± 1,5	6,4*	2,66 ± 0,11	10,0*	5,71 ± 0,09	–5,0*
Honey Bee						
30 мая (начало хранения)	37,0 ± 0,1	–	1,85 ± 0,01	–	4,94 ± 0,10	–
3 июня	39,7 ± 0,7	4,0*	2,48 ± 0,05	13,0*	5,04 ± 0,08	0,7
7 июня	40,7 ± 0,3	11,0*	3,01 ± 0,04	29,7*	4,86 ± 0,09	–0,6

* Статистически значимые по *t*-критерию Стьюдента различия с исходным уровнем при $p < 0,05$.

Таблица 3. **Содержание фенольных соединений в сухой массе плодов интродуцируемых сортов *Lonicera caerulea* на отдельных этапах хранения в условиях обычной газовой среды при температуре (+4 ± 1) °С**

Срок	Биофлавоноиды, мг/100 г							
	собственно антоцианы		лейкоантоцианы		сумма антоциановых пигментов		катехины	
	$X \pm st$	$t_{Ст}$	$X \pm st$	$t_{Ст}$	$X \pm st$	$t_{Ст}$	$X \pm st$	$t_{Ст}$
Ленинградский великан								
30 мая (начало хранения)	4190,0 ± 185,2	–	3706,7 ± 106,8	–	7896,7 ± 109,9	–	844,0 ± 2,6	–
3 июня	4000,0 ± 40,0	–1,0	3410,0 ± 58,9	–2,4	7410,0 ± 90,1	–3,4*	899,6 ± 5,8	8,7*
7 июня	3620,0 ± 52,9	–3,0*	3166,0 ± 118,5	–3,4*	6786,0 ± 90,1	–7,8*	967,2 ± 9,0	13,1*
Aurora								
30 мая (начало хранения)	9413,3 ± 6,7	–	5511,3 ± 164,1	–	14924,7 ± 158,1	–	887,0 ± 11,6	–
3 июня	9233,3 ± 69,6	–2,6	5066,7 ± 194,0	–1,7	14300,0 ± 137,6	–3,0*	946,4 ± 13,8	3,3*
7 июня	8760,0 ± 124,9	–5,2*	4812,0 ± 43,3	–4,1*	13572,0 ± 90,1	–7,4*	988,0 ± 13,8	5,6*
Zojka								
30 мая (начало хранения)	7326,7 ± 24,0	–	1745,3 ± 50,9	–	9072,0 ± 36,3	–	803,0 ± 34,5	–
3 июня	6526,7 ± 17,6	–26,8*	2191,3 ± 52,6	6,1*	8718,0 ± 35,2	–7,0*	830,0 ± 30,6	0,6
7 июня	5436,7 ± 193,4	–9,7*	2776,0 ± 40,6	15,8*	8212,7 ± 184,2	–4,6*	1004,0 ± 5,0	5,8*
Wojtek								
30 мая (начало хранения)	9610,0 ± 92,9	–	3271,0 ± 43,6	–	12881,0 ± 136,3	–	681,7 ± 10,7	–
3 июня	9113,3 ± 63,6	–4,4*	3054,7 ± 26,8	–4,2*	12168,0 ± 90,1	–4,4*	686,4 ± 11,9	0,3
7 июня	8500,0 ± 105,8	–7,9*	3044,0 ± 59,6	–3,1*	11544,0 ± 119,1	–7,4*	728,0 ± 9,4	3,3*
Indigo Gem								
30 мая (начало хранения)	8872,0 ± 46,9	–	3309,0 ± 33,0	–	12181,0 ± 57,4	–	536,0 ± 2,0	–
3 июня	8770,0 ± 15,3	–2,1	2822,0 ± 30,4	–10,9*	11592,0 ± 45,0	–8,1*	587,3 ± 18,3	2,8*
7 июня	8407,7 ± 7,7	–9,8*	2282,3 ± 135,9	–7,3*	10690,0 ± 133,7	–10,2*	649,3 ± 26,3	4,3*
Honey Bee								
30 мая (начало хранения)	18223,3 ± 321,7	–	4074,7 ± 338,0	–	22298,0 ± 208,5	–	1357,0 ± 18,5	–
3 июня	17260,0 ± 117,2	–2,8*	4294,0 ± 240,0	0,5	21554,0 ± 137,6	–3,0*	1404,0 ± 9,0	2,3
7 июня	16020,0 ± 183,3	–6,0*	5014,0 ± 250,0	2,2	21034,0 ± 187,5	–4,5*	1445,6 ± 2,6	4,7*
Ленинградский великан								
30 мая (начало хранения)	1924,4 ± 15,4	–	10665,1 ± 112,9	–	2,28 ± 0,01	–	3,26 ± 0,01	–
3 июня	2043,6 ± 29,5	3,6*	10353,2 ± 55,8	–2,5	2,27 ± 0,02	–0,3	2,97 ± 0,03	–7,9*
7 июня	2299,0 ± 29,5	11,3*	10052,2 ± 105,7	–4,0*	2,38 ± 0,03	3,2*	2,43 ± 0,01	–50,8*

Окончание таблицы 3

Срок	Биофлавоноиды, мг/100 г							
	собственно антоцианы		лейкоантоцианы		сумма антоциановых пигментов		катехины	
	$X \pm st$	$t_{Ст}$	$X \pm st$	$t_{Ст}$	$X \pm st$	$t_{Ст}$	$X \pm st$	$t_{Ст}$
Aurora								
30 мая (начало хранения)	3491,1 ± 45,1	–	19302,8 ± 144,7	–	3,94 ± 0,05	–	3,16 ± 0	–
3 июня	3610,4 ± 61,4	1,6	18856,8 ± 177,3	–1,9	3,82 ± 0,06	–1,4	3,06 ± 0,04	–2,8*
7 июня	3797,7 ± 17,0	6,4*	18357,7 ± 92,0	–5,5*	3,85 ± 0,07	–1,0	2,55 ± 0,01	–52,8*
Zojka								
30 мая (начало хранения)	2248,0 ± 1,2	–	12123,0 ± 45,3	–	2,81 ± 0,12	–	3,43 ± 0,01	–
3 июня	2418,3 ± 18,1	9,4*	11966,3 ± 49,1	–2,3	2,92 ± 0,10	0,7	2,89 ± 0,01	–33,1*
7 июня	2809,9 ± 59,0	9,5*	12026,6 ± 243,7	–0,4	2,80 ± 0,05	–0,1	2,60 ± 0,01	–50,8*
Wojtek								
30 мая (начало хранения)	2673,7 ± 17,1	–	16236,4 ± 109,9	–	3,92 ± 0,04	–	3,51 ± 0,01	–
3 июня	2827,2 ± 45,2	3,2*	15681,6 ± 79,3	–4,1*	4,12 ± 0,06	2,8*	2,91 ± 0,02	–23,2*
7 июня	2963,2 ± 59,0	4,7*	15235,2 ± 177,3	–4,8*	4,07 ± 0,06	2,1	2,31 ± 0,01	–73,5*
Indigo Gem								
30 мая (начало хранения)	2367,2 ± 61,4	–	15084,2 ± 112,7	–	4,42 ± 0,13	–	3,10 ± 0,01	–
3 июня	2997,3 ± 61,4	7,3*	15176,6 ± 27,9	0,8	5,11 ± 0,21	2,8*	2,79 ± 0,03	–11,0*
7 июня	3218,7 ± 59,0	10,0*	14558,0 ± 167,8	–2,8*	4,97 ± 0,22	2,2	2,37 ± 0,02	–28,3*
Honey Bee								
30 мая (начало хранения)	4121,3 ± 45,1	–	27776,3 ± 253,4	–	3,04 ± 0,04	–	3,87 ± 0,03	–
3 июня	4240,5 ± 78,1	1,3	27198,5 ± 138,9	–2,0	3,02 ± 0,06	–0,2	3,30 ± 0,01	–19,9*
7 июня	4410,8 ± 45,0	4,5*	26890,4 ± 144,5	–3,0*	3,05 ± 0,04	0,2	2,76 ± 0,01	–38,9*

* Статистически значимые по *t*-критерию Стьюдента различия с исходным уровнем при $p < 0,05$.

Таблица 4. **Относительные различия с исходным уровнем содержания действующих веществ в плодах интродуцируемых сортов *Lonicera caerulea* на отдельных этапах хранения в условиях обычной газовой среды при температуре (+4 ± 1) °С, %**

Показатель	1 / исх.	2 / исх.	2 / 1	1 / исх.	2 / исх.	2 / 1	1 / исх.	2 / исх.	2 / 1
	Ленинградский великан			Aurora			Zojka		
Сухие вещества	–	–	–	–	**+8,5**	**+5,8**	–5,6	–6,3	–
Свободные органические кислоты	–8,2	–18,9	–11,6	–17,4	–29,5	–14,6	–22,4	–32,1	–12,5
Аскорбиновая кислота	–10,5	–20,8	–11,5	–8,3	–21,0	–13,8	–5,8	–20,3	–15,4
Гидроксикоричные кислоты	–8,3	–16,5	–9,0	–8,7	–20,9	–13,3	–29,9	–41,9	–17,2
Растворимые сахара	–	**+8,7**	**+4,8**	–	**+7,9**	**+3,7**	**+13,2**	**+22,9**	**+8,6**
Сахарокислотный индекс	**+13,2**	**+33,6**	**+18,1**	**+26,1**	**+52,7**	**+21,1**	**+45,9**	**+82,3**	**+24,9**
Пектиновые вещества	–	–3,3	–4,0	–	–4,0	–4,7	–9,5	–13,8	–4,7
Собственно антоцианы	–	–13,6	–9,5	–	–6,9	–5,1	–10,9	–25,8	–16,7
Лейкоантоцианы	–	–14,6	–7,2	–	–12,7	–5,0	**+25,6**	**+59,1**	**+26,7**
Сумма антоциановых пигментов	–6,2	–14,1	–8,4	–4,2	–9,1	–5,1	–3,9	–9,5	–5,8
Катехины	**+6,6**	**+14,6**	**+7,5**	**+6,7**	**+11,4**	**+4,4**	–	**+25,0**	**+21,0**
Флавонолы	**+6,2**	**+19,5**	**+12,5**	–	**+8,8**	**+5,2**	**+7,6**	**+25,0**	**+16,2**
Сумма биофлавоноидов	–	–5,7	–2,9	–	–4,9	–2,6	–	–	–
Дубильные вещества	–8,9	–25,5	–18,2	–3,2	–19,3	–16,7	–15,7	–24,2	–10,0
	Wojtek			Indigo Gem			Honey Bee		
Сухие вещества	–	–	–	–	**+6,5**	**+6,5**	–	**+9,4**	**+5,3**
Свободные органические кислоты	–13,1	–18,9	–6,7	–8,6	–16,6	–8,8	–20,0	–32,5	–15,6

Окончание таблицы 4

Показатель	1 / исх.	2 / исх.	2 / 1	1 / исх.	2 / исх.	2 / 1	1 / исх.	2 / исх.	2 / 1
Аскорбиновая кислота	–14,6	–22,0	–8,7	–24,2	–40,0	–20,7	–12,4	–24,1	–13,4
Гидроксикоричные кислоты	–9,8	–17,8	–8,9	–26,3	–50,0	–32,1	–10,6	–17,6	–7,9
Растворимые сахара	**+9,2**	**+11,1**	**+1,8**	**+8,4**	**+29,1**	**+19,0**	**+7,3**	**+10,0**	**+2,5**
Сахарокислотный индекс	**+26,0**	**+37,4**	**+9,1**	**+18,7**	**+55,6**	**+31,0**	**+34,1**	**+62,7**	**+21,4**
Пектиновые вещества	–	–	–	–4,1	–7,3	–3,4	–	–	–
Собственно антоцианы	–5,2	–11,6	–6,7	–	–5,2	–4,1	–5,3	–12,1	–7,2
Лейкоантоцианы	–6,6	–6,9	–	–14,7	–31,0	–19,1	–	–	–
Сумма антоциановых пигментов	–5,5	–10,4	–5,1	–4,8	–12,2	–7,8	–3,3	–5,7	–2,4
Катехины	–	**+6,8**	**+6,1**	**+9,6**	**+21,1**	**+10,6**	–	**+6,5**	**+3,0**
Флавонолы	**+5,7**	**+10,8**	**+4,8**	**+26,6**	**+36,0**	**+7,4**	–	**+7,0**	**+4,0**
Сумма биофлавоноидов	–3,4	–6,2	–2,8	–	–3,5	–4,1	–	–3,2	–1,1
Дубильные вещества	–17,1	–34,2	–20,6	–10,0	–23,5	–15,1	–14,7	–28,7	–16,4

Примечание. 1 / исх. и 2 / исх. – величина изменения показателя от начала хранения; 2 / 1 – величина изменения показателя от срока к сроку; прочерк означает отсутствие статистически значимых различий по *t*-критерию Стьюдента с исходным уровнем при $p < 0,05$.

Так, на протяжении периода хранения только у сортов Wojtek и Ленинградский великан не выявлено достоверных изменений в содержании сухих веществ, тогда как в остальных случаях наблюдалось незначительное (на 6–9 %) увеличение данного показателя, обусловленное потерями влаги, и лишь у сорта Zojka отмечено его снижение на 6 %. Наряду с этим у всех таксонов жимолости произошло заметное обеднение плодов органическими кислотами по сравнению с исходным уровнем, в том числе титруемыми – на 17–32 %, аскорбиновой – на 20–40 % и гидроксикоричными – на 16–50 %. При этом наименее выразительным в первом случае оно было у сорта Indigo Gem, во втором – у сортов Ленинградский великан, Aurora и особенно Zojka, а в третьем – у сорта Ленинградский великан, тогда как наиболее заметное расходование запасов свободных органических и гидроксикоричных кислот выявлено у сортов Zojka и Honey Bee, а аскорбиновой – у сорта Indigo Gem. Подобные результаты получены нами ранее при исследовании в аналогичных условиях хранения трансформации биохимического состава плодов голубики высокорослой [16]. По мнению ряда ученых [17, 18], столь выраженное снижение запасов органических кислот обусловлено интенсивным расходованием в дыхательном процессе в качестве основного энергетического и трофического ресурса. При этом значительная скорость утилизации данных соединений указывала на чрезвычайно высокую активность метаболизма в плодах жимолости даже при хранении в условиях пониженных температур (табл. 4).

Заметно меньшее участие в их дыхательном газообмене в качестве запасного энергетического материала принимали продукты распада пектиновых веществ [14], поскольку снижение их содержания относительно исходного уровня у большинства таксонов не превышало 3–14 %, а у сортов Wojtek и Honey Bee подобных изменений не выявлено вовсе.

На этом фоне к окончанию эксперимента у всех исследуемых сортов жимолости отмечено существенное обогащение плодов растворимыми сахарами, обусловленное показанной выше частичной деструкцией пектинов и особенно органических кислот с образованием моно- и дисахаридов [19]. При этом в большинстве случаев относительные размеры превышения исходного уровня их содержания не превышали 8–11 % и лишь у сортов Zojka и Indigo Gem они достигали 23 и 29 % соответственно. Активизация биосинтеза растворимых сахаров при ингибировании такового органических кислот способствовала улучшению вкусовых свойств плодов в процессе хранения, что подтверждалось соответствующим увеличением показателя их сахарокислотного индекса на 34–82 %, наименьшим – у сортов Ленинградский великан и Wojtek и наиболее значительным – у сорта Zojka.

Особый интерес в настоящих исследованиях представляло выявление генотипических особенностей трансформации биофлавоноидного комплекса плодов жимолости, обладающего зна-

чительной Р-витаминной и антиоксидантной активностью и определяющей их основную потребительскую ценность. Как следует из табл. 4, в период их хранения установлены неоднозначные изменения в содержании основных компонентов данного комплекса, обусловленные, по мнению В. В. Арасимовича [20], специфическим действием каждого из них на процессы окислительного фосфорилирования и дыхания.

К окончанию эксперимента у всех исследуемых таксонов жимолости выявлено достоверное обогащение плодов флавонолами на 7–36 % относительно исходного уровня, наименьшее – у сортов Aurora и особенно Honey Bee и наиболее значительное – у сорта Indigo Gem. Поскольку для данных соединений характерно взаимодействие со свободными радикалами, перекисями и металлами с образованием стабильных хелатов, сдерживающее окисление антоцианов и катехинов, то это должно способствовать их сохранению, что подтверждалось выявленной в процессе хранения плодов активизацией накопления последних на 7–25 %, наименьшей – у сортов Wojtek и Honey Bee и наибольшей – у сортов Indigo Gem и особенно Zojka, для которого, в отличие от остальных таксонов, показано усиление накопления близких им по химической природе лейкоантоцианов почти на 60 % относительно исходного уровня (табл. 4).

Что касается доминирующих в составе биофлавоноидного комплекса плодов антоциановых пигментов, то в процессе хранения плодов наблюдалось снижение их содержания на 5–26 % при минимальных различиях с исходным уровнем у сортов Aurora и Indigo Gem и максимальных у сорта Zojka.

На наш взгляд, в трансформации антоцианового комплекса плодов данного таксона, скорее всего, доминировали взаимопревращения собственно антоцианов и лейкоантоцианов, на что указывали прямо противоположные тенденции в изменении содержания данных соединений, тогда как у остальных опытных объектов в динамике лейкоантоцианов прослеживались тенденции, аналогичные выявленным для собственно антоцианов, со снижением их содержания на 7–31 %, минимальным – у сорта Wojtek и максимальным – у Indigo Gem. При этом в плодах сорта Honey Bee содержание данных соединений на протяжении периода хранения оставалось неизменным.

Сходство динамики обеих групп антоциановых пигментов у большинства сортов жимолости обусловило снижение их суммарного количества к окончанию эксперимента на 6–14 % относительно исходного уровня. Тем не менее, несмотря на показанные выше весьма выразительные изменения в содержании отдельных компонентов биофлавоноидного комплекса, для общего выхода Р-витаминов не выявлено существенных различий с его исходным уровнем. Так, к окончанию эксперимента снижение суммарного содержания в плодах данных соединений не превышало 3–6 % при отсутствии значимых различий с ним по данному признаку у сорта Zojka, что свидетельствовало всё же о частичной деградации биофлавоноидного комплекса плодов в процессе хранения. Вместе с тем для дубильных веществ, являющихся продуктами полимеризации фенольных соединений, показано снижение содержания на 19–34 %, наименьшее – у сорта Aurora и наибольшее – у Wojtek (табл. 4). Поскольку танины обладают многосторонним позитивным физиологическим действием на организм человека, в том числе антиоксидантным, то столь выраженную их деградацию следует рассматривать как негативное явление.

Вместе с тем нельзя не обратить внимания на сортовые различия темпов выявленных изменений в содержании органических соединений на отдельных этапах хранения плодов. Так, если у большинства таксонов жимолости темпы данных изменений в содержании органических кислот, антоциановых пигментов и катехинов были сравнительно равномерными на протяжении эксперимента, то для остальных соединений на втором этапе хранения они заметно превышали таковые на первом, особенно у сортов Ленинградский великан, Aurora и Indigo Gem.

Как видим, несмотря на сравнительно непродолжительный период хранения плодов жимолости синей при низких положительных температурах, ограниченный всего 8 сутками, наблюдалась существенная трансформация их биохимического состава, в которой у исследуемых таксонов обозначились сходные тенденции. Они состояли в обеднении ягодной продукции свободными органическими, аскорбиновой и гидроксикоричными кислотами, пектинами, антоциановыми пигментами, дубильными веществами и биофлавоноидами в целом на фоне ее

обогащения катехинами, флавонолами, растворимыми сахарами при увеличении показателя сахарокислотного индекса и неоднозначных изменений в содержании сухих веществ и лейкоантоцианов.

Вместе с тем направленность и степень выразительности выявленных тенденций в значительной мере определялись химической природой органических соединений, продолжительностью хранения и генотипом опытных растений.

С целью определения степени трансформации биохимического состава плодов жимолости в процессе хранения и выявления таксона с наименьшими потерями действующих веществ, а также для установления этапа хранения, обеспечившего наибольшую сохранность интегрального уровня их питательной и витаминной ценности по совокупности 14 показателей, был использован методический прием, основанный на сопоставлении у тестируемых объектов на отдельных этапах хранения относительных размеров, амплитуд и соотношений статистически достоверных положительных и отрицательных отклонений от исходного уровня исследуемых биохимических характеристик [10].

По величине суммарной амплитуды выявленных отклонений, независимо от их знака, можно судить о выразительности различий тестируемых объектов с исходным уровнем по совокупности всех исследуемых признаков на каждом этапе хранения, что позволяло осуществить их ранжирование в порядке снижения степени данных различий.

Соотношение же относительных размеров совокупностей положительных и отрицательных различий биохимических характеристик плодов с исходными показателями являлось критерием изменения интегрального уровня их питательной и витаминной ценности у тестируемых сортов на отдельных этапах хранения.

Представленные в табл. 5 данные, характеризующие направленность и степень выразительности сдвигов в биохимическом составе плодов опытных таксонов жимолости по 14 показателям на отдельных этапах хранения относительно исходного уровня выявили заметные генотипические и временные различия в направленности и величине вышеуказанных сдвигов, свидетельствовавшие о специфических особенностях их ответной реакции на разное по продолжительности воздействие низких положительных температур.

Таблица 5. **Относительные размеры, амплитуды и соотношения разноориентированных различий с исходными показателями биохимических характеристик плодов интродуцируемых сортов *Lonicera caerulea* на отдельных этапах хранения при температуре (+4 ± 1) °С, %**

Этап	Относительные размеры сдвигов				
	положит.	отрицат.	амплитуда	положит./отрицат.	отрицат. /положит.
Ленинградский великан					
Первый	26,0	42,1	**68,1**	0,62	1,62
Второй	76,4	133,0	**209,4**	0,58	1,74
Aurora					
Первый	32,8	41,8	**74,6**	0,78	1,28
Второй	89,3	128,3	**217,6**	0,70	1,44
Zojka					
Первый	92,3	103,7	**196,0**	0,89	1,12
Второй	214,3	173,9	**388,2**	**1,23**	0,81
Wojtek					
Первый	40,9	75,3	**116,2**	0,54	1,84
Второй	66,1	128,0	**194,1**	0,52	1,94
Indigo Gem					
Первый	63,3	92,7	**156,0**	0,68	1,46
Второй	148,3	189,3	**337,6**	0,78	1,28
Honey Bee					
Первый	41,4	66,3	**107,7**	0,62	1,60
Второй	95,6	123,9	**219,5**	0,77	1,30

Судя по величине амплитуды данных сдвигов, можно заключить, что в процессе хранения плодов у всех таксонов жимолости наблюдалось последовательное увеличение расхождений с исходным уровнем содержания в них полезных веществ, указывавшее на усиление трансформации их биохимического состава. При этом на первом этапе хранения суммарная величина разноориентированных сдвигов варьировалась в сортовом ряду в диапазоне 68,1–196,0 % при наименьшем показателе у сорта Ленинградский великан и наибольшем – у сорта Zojka, тогда как на втором этапе наблюдалось расширение обозначенного диапазона до 194,1–388,2 % при наименьшей величине у сорта Wojtek и наибольшей – опять-таки у сорта Zojka, что свидетельствовало о наиболее существенной в сортовом ряду трансформации биохимического состава его плодов в процессе хранения.

Вместе с тем столь значительная ширина приведенных диапазонов варьирования амплитуды разноориентированных сдвигов в биохимическом составе плодов свидетельствовала о весьма выразительных генотипических различиях в степени его трансформации, в порядке ослабления которой на завершающем этапе хранения был построен следующий ряд исследуемых таксонов жимолости:

Zojka > Indigo Gem > Honey Bee = Aurora > Ленинградский великан > Wojtek, в котором расхождения крайних позиций достигали 2-кратной величины. При этом большинство сортов характеризовалось довольно близкой между собой степенью трансформации биохимического состава плодов в процессе хранения.

При этом установлено снижение интегрального уровня их питательной и витаминной ценности по совокупности 14 биохимических характеристик, оцениваемой величиной кратного размера соотношения суммарных значений разноориентированных сдвигов биохимических характеристик относительно исходного уровня, условно принятого за 1. Как следует из табл. 5, процесс хранения плодов сопровождался снижением данного показателя в 1,3–1,9 раза, наименее выраженным у сортов Indigo Gem и Honey Bee и наиболее значительным у сорта Wojtek. Исключением в этом плане стал сорт Zojka, который уже на первом этапе хранения был отмечен наименьшим в сортовом ряду снижением качества плодов – лишь в 1,1 раза, тогда как на втором этапе выявлено уже не снижение, а напротив, его увеличение в 1,2 раза. На наш взгляд, это обусловлено тем, что наряду с расходованием ряда исследуемых органических соединений в качестве дыхательных субстратов, обусловившем снижение их содержания по сравнению с исходным уровнем, имело место и накопление некоторых веществ, связанное с взаимопревращениями органических соединений, наиболее выраженное у сорта Zojka, что согласуется с данными табл. 4. Наряду с этим активизации их биосинтеза могли способствовать также процессы деструкции органических соединений, не охваченных настоящими исследованиями, в частности, крахмала, целлюлозы, терпеноидов и др. Заметим, что с аналогичным явлением мы сталкивались ранее в подобных исследованиях с плодами голубики высокорослой [16].

При этом на завершающей стадии эксперимента был обозначен следующий ряд исследуемых сортов жимолости в порядке снижения интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов:

Zojka > Indigo Gem > Honey Bee = Aurora > Ленинградский великан > Wojtek, в котором расхождения между крайними позициями достигали – 2,4-кратной величины и который полностью дублировал приведенный выше аналогичный ряд для степени трансформации их биохимического состава.

Поскольку плоды жимолости синей характеризуются весьма высоким содержанием биофлавоноидов, особенно антоциановых пигментов, обладающих высоким уровнем Р-витаминной и антиоксидантной активности [21], то особый интерес в данной работе представляло исследование изменений их антирадикальных свойств в процессе хранения при низких положительных температурах. Вместе с тем при оценке изменения уровня АОА значительное внимание в этом исследовании было уделено также изменению активности основных ферментов окислительно-восстановительного цикла – каталазы (КАТ), пероксидазы (ПО) и полифенолоксидазы (ПФО), играющих важнейшую роль в обеспечении защиты растительных клеток от кислородных интермедиантов и обезвреживающих супероксидные радикалы и перекисные соединения в клетках. Логично предположить, что при показанных выше существенных генотипических разли-

чиях в трансформации биохимического состава плодов в сортовом ряду жимолости в процессе хранения должны проявиться не менее выразительные различия в изменении уровней их антиоксидантной и ферментативной активности. В пользу данного предположения свидетельствуют результаты аналогичных более ранних исследований авторов с плодами клюквы крупноплодной и голубики высокорослой, показавшие отчетливую зависимость их антиоксидантного комплекса от генотипа растений [22].

По нашим оценкам, приведенным в табл. 6, исходный уровень АОА этанольных экстрактов из плодов исследуемых таксонов жимолости при 30-минутной экспозиции варьировался в сортовом ряду в диапазоне 70,1–103,0 мкмоль экв. тролокса/г сухого вещества при наименьших, причем одинаковых значениях у сортов Zojka, Wojtek и Indigo Gem и наибольших – у сортов Ленинградский великан и особенно Honey Bee. Результаты определения активности основных окислительно-восстановительных ферментов в сухом веществе плодов показали, что исходный уровень активности КАТ изменялся в сравнительно узком диапазоне, охватывавшем область значений 10,9–16,5 мкмоль H_2O_2/(г · мин): минимальное – у сорта Honey Bee и максимальное – у Wojtek при сопоставимых показателях у сортов Ленинградский великан, Aurora и Zojka. Весьма узким диапазоном варьирования в таксономическом ряду в пределах 2,9–6,2 ед. опт. плотн./(г · мин) характеризовалась также активность ПО при наименьших, причем одинаковых, показателях у сортов Ленинградский великан и Wojtek и наибольшем – у сорта Zojka. При этом наиболее широким диапазоном изменений в сортовом ряду в пределах 290,4–624,4 ед. опт. плотн./(г · мин) отмечена активность ПФО: наименьшая – у сорта Wojtek и наибольшая – у Aurora.

Вместе с тем показанное выше обеднение плодов жимолости в процессе хранения большинством биологически активных соединений объясняет наличие связанных с ним негативных изменений в их антирадикальном комплексе, подтвержденных в наших исследованиях. Как следует из табл. 7, уже спустя 4 суток от начала эксперимента у всех таксонов установлено снижение АОА относительно исходного уровня на 4–26 %, наименьшее – у сортов Aurora и Ленинградский великан и наиболее значительное – у сортов Wojtek, Honey Bee и особенно Indigo Gem. Заметим, что к окончанию эксперимента снижение уровня АОА составляло уже 10–42 % при минимальном значении у сорта Zojka и максимальном – у Honey Bee, для которого, как и для сорта Wojtek, показано постепенное ослабление антиоксидантной активности на протяжении всего периода хранения плодов, тогда как у сортов Zojka и Indigo Gem наиболее интенсивным оно было на его первом этапе, а у сортов Aurora и Ленинградский великан – на втором. Подобный характер динамики данного показателя обусловлен показанной выше деструкцией значительного количества органических соединений, являющихся источниками антиоксидантной активности плодов.

В связи с этим представляется вполне обоснованным заметное ослабление в них также ферментативной активности при сохранении выявленных для уровня АОА сортовых различий в степени данных изменений и наибольшем проявлении последних у активности полифенолоксидазы и особенно пероксидазы (табл. 7). При этом к окончанию эксперимента снижение активности каталазы относительно исходного уровня варьировалось в таксономическом ряду в весьма узком диапазоне сравнительно невысоких значений – от 9 % у сорта Ленинградский великан до 18 % у сорта Indigo Gem, и лишь у сорта Honey Bee, характеризовавшегося наиболее существенным падением антиоксидантной активности, оно достигало 43 %.

Наряду с этим у данного таксона жимолости выявлено также наиболее значительное снижение (на 73 %) активности пероксидазы, катализирующей многие реакции окисления органических и неорганических соединений с использованием пероксида водорода в качестве акцепторов электронов [23], тогда как у остальных сортов оно составляло 10–58 % при минимальных значениях у сортов Ленинградский великан и Aurora, в чем прослеживалась отчетливая корреляция со снижением у них уровня АОА. Заметим, что только у этих двух таксонов жимолости не обнаружено достоверных изменений активности ПФО на протяжении всего периода хранения плодов, тогда как у остальных объектов это наблюдалось лишь на его первом этапе, а на втором происходило ее снижение на 27–39 % по сравнению с исходным уровнем. Заметим, что у большинства сортов жимолости основное ингибирование активности окислительно-восстановительных ферментов происходило только на втором этапе хранения плодов.

Таблица 6. **Антиоксидантная и ферментативная активность плодов интродуцируемых сортов *Lonicera caerulea* на отдельных этапах хранения в условиях обычной газовой среды при температуре (+4 ± 1) °С (в пересчете на сухое вещество)**

Срок	АОА (ДФПГ) мкмоль экв. тролокса/г		Активность КАТ, мкмоль H_2O_2/(г·мин)		Активность ПО, ед. опт. плотн./(г·мин)		Активность ПФО, ед. опт. плотн./(г · мин)	
	$X \pm st$	$t_{Ст}$	$X \pm st$	$t_{Ст}$	$X \pm st$	$t_{Ст}$	$X \pm st$	$t_{Ст}$
Ленинградский великан								
30 мая (начало хранения)	95,1 ± 0,1	–	12,2 ± 0,1	–	3,0 ± 0,1	–	452,1 ± 2,0	–
3 июня	91,7 ± 1,0	–3,5*	12,5 ± 0,1	2,0	2,8 ± 0,1	–4,2*	457,7 ± 4,6	1,1
7 июня	80,5 ± 0,2	–63,9*	11,1 ± 0,1	–7,8*	2,7 ± 0,1	–4,9*	450,4 ± 0,1	–0,8
Aurora								
30 мая (начало хранения)	81,9 ± 0,7	–	12,8 ± 0	–	4,2 ± 0,1	–	624,4 ± 1,2	–
3 июня	79,0 ± 0,5	–2,9*	13,2 ± 0,1	3,5*	3,8 ± 0,1	–2,8*	632,3 ± 0,1	2,1
7 июня	70,2 ± 0,2	–11,2*	10,7 ± 0,1	–17,4*	3,6 ± 0,1	–5,4*	632,0 ± 0,5	1,2
Zojka								
30 мая (начало хранения)	70,8 ± 0,4	–	12,1 ± 0,1	–	6,2 ± 0,1	–	400,4 ± 0,1	–
3 июня	64,0 ± 1,6	–4,2*	12,7 ± 0,1	4,8*	5,4 ± 0,1	–4,9*	400,8 ± 0,8	0,5
7 июня	63,5 ± 0,2	–16,6*	10,4 ± 0,2	–6,8*	4,0 ± 0,1	–14,3*	288,3 ± 0,2	–57,0*
Wojtek								
30 мая (начало хранения)	70,8 ± 0,4	–	16,5 ± 0,2	–	2,9 ± 0,1	–	290,4 ± 0,3	–
3 июня	65,8 ± 2,8	–5,6*	16,9 ± 0,1	2,5	2,5 ± 0,1	–7,1*	293,5 ± 3,4	0,9
7 июня	60,5 ± 0,3	–34,7*	14,4 ± 0,2	–7,1*	1,9 ± 0,1	–21,2*	211,8 ± 1,2	–62,7*
Indigo Gem								
30 мая (начало хранения)	70,1 ± 0,2	–	11,5 ± 0,2	–	4,1 ± 0,1	–	351,8 ± 0,6	–
3 июня	52,2 ± 1,5	–12,2*	12,3 ± 0,1	4,3*	3,5 ± 0,1	–5,3*	360,2 ± 1,5	2,0
7 июня	48,7 ± 0,9	–22,2*	9,4 ± 0,1	–9,8*	1,7 ± 0,1	–20,2*	213,5 ± 1,3	–96,2*
Honey Bee								
30 мая (начало хранения)	103,0 ± 1,2	–	10,9 ± 0,1	–	4,1 ± 0,1	–	455,0 ± 2,8	–
3 июня	80,1 ± 0,1	–18,9*	11,0 ± 0,1	2,0	2,9 ± 0,1	–16,1*	502,2 ± 1,2	15,5*
7 июня	60,3 ± 0,3	–34,2*	6,2 ± 0,1	–39,4*	1,1 ± 0,1	–40,2*	307,1 ± 1,2	–48,2*

* Статистически значимые по *t*-критерию Стьюдента различия с исходным уровнем при $p < 0,05$.

Таблица 7. **Относительные различия с исходным уровнем антиоксидантной и ферментативной активности плодов интродуцируемых сортов *Lonicera caerulea* на отдельных этапах хранения в условиях обычной газовой среды при температуре (+4 ± 1) °С, %**

Показатель	1 / исх.	2 / исх.	2 / 1	1 / исх.	2 / исх.	2 / 1	1 / исх.	2 / исх.	2 / 1
	Ленинградский великан			Aurora			Zojka		
АОА	–3,6	–15,4	–12,2	–3,5	–14,3	–11,1	–9,6	–10,3	–
Активность КАТ	–	–9,0	–11,2	+3,1	–16,4	–18,9	+5,0	–14,1	–18,1
Активность ПО	–6,7	–10,0	–3,6	–9,5	–14,3	–5,3	–12,9	–35,5	–25,9
Активность ПФО	–	–	–	–	–	–	–	–28,0	–28,1
Совокупный эффект	**–10,3**	**–34,4**	**–27,0**	**–9,9**	**–45,0**	**–35,3**	**–17,5**	**–87,9**	**–72,1**
	Wojtek			Indigo Gem			Honey Bee		
АОА	–7,1	–14,5	–8,1	–25,5	–30,5	–6,7	–22,2	–41,5	–24,7
Активность КАТ	–	–12,7	–14,8	+7,0	–18,3	–23,6	–	–43,1	–43,6
Активность ПО	–13,8	–34,5	–24,0	–14,6	–58,5	–51,4	–29,3	–73,2	–62,1
Активность ПФО	–	–27,1	–27,8	–	–39,3	–40,7	+10,4	–32,5	–38,8
Совокупный эффект	**–20,9**	**–88,8**	**–74,7**	**–33,1**	**–146,6**	**–122,4**	**–41,1**	**–190,3**	**–169,2**

Примечание. 1 / исх. и 2 / исх. – величина изменения показателя от начала хранения; 2 / 1 – величина изменения показателя от срока к сроку. Прочерк означает отсутствие статистически значимых различий по *t*-критерию Стьюдента с исходным уровнем при $p < 0,05$.

Вместе с тем нельзя не заметить, что на фоне негативных изменений в антиоксидантном комплексе плодов в процессе хранения, обусловленных показанным выше обеднением их большинством биологически активных соединений, тем не менее на его первом этапе у сортов Aurora, Zojka и Indigo Gem наблюдалось хотя и незначительное, но все же достоверное увеличение на 3–7 % по сравнению с исходным уровнем активности каталазы, а у сорта Honey Bee – активности полифенолоксидазы, сменяемое их снижением на втором этапе хранения.

С целью определения таксона жимолости с наименее выраженным снижением общего уровня антиоксидантной и ферментативной активности плодов в период хранения и установления его этапа, обеспечившего наибольшую сохранность их антирадикальных свойств, были определены суммарные значения достоверных различий исследуемых показателей с исходным уровнем, с учетом их знака, характеризующие своеобразный «совокупный эффект» (табл. 7).

Нетрудно убедиться, что у всех исследуемых сортов жимолости наблюдалось его заметное снижение на фоне существенных генотипических различий степени данного снижения, проявившегося на втором этапе хранения плодов в 4–5 раз более выразительно, чем на первом (табл. 7). При этом в соответствии с усилением деградации антиоксидантного и ферментативного комплекса плодов к окончанию эксперимента сорта жимолости расположились в следующей последовательности:

Ленинградский великан > Aurora > Zojka = Wojtek > Indigo Gem > Honey Bee, в которой расхождения между крайними позициями достигали 5,5-кратной величины и которая заметно отличалась от приведенного выше аналогичного ряда, построенного в соответствии со степенью снижения интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов.

На наш взгляд, эти различия обусловлены генотипическими особенностями трансформации их биохимического состава в процессе хранения у разных таксонов жимолости, обусловившими соответствующие изменения в содержании органических соединений, являющихся источниками антиоксидантной и ферментативной активности. Очевидно, у районированного сорта Ленинградский великан, отмеченного при этом весьма значительными потерями действующих веществ, наименьшей деградации были подвергнуты соединения с наиболее высоким уровнем антирадикальной активности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате сравнительного исследования особенностей трансформации биохимического состава плодов шести сортов жимолости синей – Aurora, Zojka, Wojtek, Indigo Gem, Honey Bee и Ленинградский великан из коллекционного фонда Центрального ботанического сада НАН Беларуси в процессе 8-суточного хранения в условиях обычной газовой среды при температуре (+4 ± 1) °С выявлен ряд общих закономерностей в изменении содержания большинства органических соединений относительно исходного уровня на фоне генотипических различий в степени его проявления.

В сортовом ряду опытных растений установлено обеднение ягодной продукции на 17–32 % свободными органическими, на 20–40 % аскорбиновой и на 16–50 % гидроксикоричными кислотами, на 3–14 % пектинами, на 19–34 % дубильными веществами, на 6–14 % антоциановыми пигментами, в том числе на 5–26 % собственно антоцианами, на 7–31 % лейкоантоцианами и на 3–6 % биофлавоноидами в целом при ее обогащении на 7–25 % катехинами, на 7–36 % флавонолами, на 8–29 % растворимыми сахарами и увеличении на 34–82 % показателя сахарокислотного индекса.

При этом направленность и степень выразительности выявленных тенденций определялись продолжительностью периода хранения, генотипом опытных растений и химической природой органических соединений.

У большинства таксонов жимолости наблюдалось снижение в 1,3–1,9 раза интегрального уровня питательной и витаминной ценности плодов по совокупности 14 биохимических характеристик, наименее выраженное у сортов Indigo Gem и Honey Bee и наиболее значительное у сорта Wojtek, и лишь у сорта Zojka отмечено его увеличение в 1,2 раза.

Трансформация биохимического состава плодов сопровождалась ослаблением их антирадикальных свойств, наиболее выраженным на втором этапе хранения и обусловленным снижением антиоксидантной и ферментативной активности соответственно на 10–42 % и 9–73 %, при наименьшей степени деградации антиоксидантного комплекса плодов у районированного сорта Ленинградский великан и наибольшей, превосходившей ее в 5,5 раза, – у сорта Honey Bee.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Влияние генотипа растений жимолости синей (*Lonicera edulis* Turcz. ex Freyn) и погодных условий вегетационного периода на лежкоспособность плодов при низкой положительной и комнатной температурах / Н. Б. Павловский, Ж. А. Рупасова, А. В. Ральцевич [и др.] // Вестник БРФФИ. – 2024. – № 2. – С. 153–161.

2. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги : ГОСТ 28561-90. – Взамен ГОСТ 8756.2-82 в части разд. 1, 2, 3 (кроме консервов из рыбы и морепродуктов), ГОСТ 13340.3-77 ; введ. 01.07.1991. – М. : Стандартинформ, 2011. – 10 с.

3. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош [и др.] ; под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Агропромиздат. Л. отд-ние, 1987. – 430 с.

4. Марсов, Н. Г. Фитохимическое изучение и биологическая активность брусники, клюквы и черники : дис. … канд. фармацевт. наук : 15.00.02 / Марсов Николай Григорьевич ; Яросл. гос. мед. акад. – Пермь, 2006. – Л. 99–101.

5. Большой практикум «Биохимия». Лабораторные работы : учеб. пособие. / Перм. гос. нац. исслед. ун-т ; сост. М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова. – Пермь : Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2012. – 148 с.

6. Swain, T. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. 1. The quantitative analysis of phenolic constituents / T. Swain, W. Hillis // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 1959. – Vol. 10, № 1. – P. 63–68.

7. Скорикова, Ю. Г. Методика определения антоцианов в плодах и ягодах / Ю. Г. Скорикова, Э. А. Шафтан // Тр. III Всесоюз. семинара по биологически активным (лечебным) веществам плодов и ягод / М-во высш. и сред. спец. образования РСФСР, Уральский лесотехн. ин-т. – Свердловск, 1968. – С. 451–461.

8. Методика определения антоцианов в плодах аронии черноплодной / В. Ю. Андреева, Г. И. Калинкина, Н. Э. Коломиец, Н. В. Исайкина // Фармация. – 2013. – № 3. – С. 19–21.

9. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье. Общие методы анализа // Государственная фармакопея Союза Советских Социалистических Республик / М-во здравоохранения СССР. – М., 1987. – С. 286–287.

10. Патент BY 17648 C1 2013.10.30. Способ ранжирования таксонов растения : № a 20101502 : заявлено 20.10.2010 : опубл. 30.10.2013 / Рупасова Ж. А., Решетников В. Н., Яковлев А. П. ; заявитель Центр. ботан. сад НАН Беларуси. – URL: https://by.patents.su/7-17648-sposob-ranzhirovaniya-taksonov-rasteniya.html (дата обращения: 09.12.2024).

11. Антиоксидантная активность белков отдельных видов дикорастущих растений Беларуси и Монголии / В. И. Домаш, О. А. Иванов, Т. П. Шарпио [и др.] // Ботаника (исследования) : сб. науч. тр. / Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси ; редкол.: Н. А. Ламан [и др.]. – Минск, 2017. – Вып. 46. – С. 190–199.

12. Dung, N. T. Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and the ethanol extract of *Cleistocalyx operculatus* (Roxb.) Merr and Perry buds / N. T. Dung, J. M. Kim, S. C. Kang // Food and chemical toxicology. – 2008. – Vol. 46, № 12. – P. 3632–3639.

13. Физиологические и биохимические методы анализа растений : практикум / Калининград. гос. ун-т ; авт.-сост. Г. Н. Чупахина. – Калининград : Калининград. гос. ун-т, 2000. – 59 с.

14. Кинетические, биохимические и биологические методы анализа. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине специализации «Кинетические, биохимические и биологические методы анализа» для студентов специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» / Курганский гос. ун-т, каф. «Физическая и прикладная химия» ; сост. Л. В. Мосталыгина. – Курган, 2016. – 30 с.

15. Воскресенская, О. Л. Большой практикум по биоэкологии. Ч. 1 : учеб. пособие / О. Л. Воскресенская, Е. А. Алябышева, М. Г. Половникова. – Йошкар-Ола : Мар. гос. ун-т, 2006. – 107 с.

16. Интродукция малораспространенных культур плодоводства в условиях Беларуси (клюква крупноплодная, голубика высокорослая, актинидия аргута, актинидия коломикта, актинидия полигамная) / Ж. А. Рупасова, И. М. Гаранович, Т. В. Шпитальная [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 209 с.

17. Арасимович, В. В. Обмен углеводов при созревании и хранении плодов яблони / В. В. Арасимович, Н. П. Пономарева. – Кишинев : Штиинца, 1976. – 106 с.

18. Грушева, Т. П. Изменение химического состава плодов колонновидных сортов яблони при хранении / Т. П. Грушева, И. Н. Остапчук // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – 2015. – Т. 27. – С. 286–293.

19. Банташ, В. Г. Формирование пектинового и фенольного комплексов яблок в условиях интенсивной культуры и обработки кальцием в связи с качеством плодов : дис. … канд. биол. наук : 03.00.04 / Банташ Валентина Григорьевна ; Ин-т физиологии и биохимии растений АН Молдовы. – Кишинев, 1984. – 178 л.

20. Арасимович, В. В. Биохимия созревания плодов / В. В. Арасимович // Физиология сельскохозяйственных растений. – 1968. – Т. 10. – С. 62–82.

21. Карабанов, И. А. Флавоноиды в мире растений / И. А. Карабанов. – Минск : Ураджай, 1981. – 80 с.

22. Возделывание голубики на торфяных выработках Припятского Полесья: (физиолого-биохимические аспекты развития) / Ж. А. Рупасова, А. П. Яковлев, В. Н. Решетников [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2016. – 242 с.

23. Рубин, Б. А. Об изоферментах пероксидазы в клубнях картофеля / Б. А. Рубин, Е. В. Будилова // Доклады Академии наук СССР. – 1970. – Т. 190. – № 3. – 722 с.

GENOTYPIC FEATURES OF BIOCHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT COMPLEX TRANSFORMATION IN BLUE HONEYSUCKLE BERRIES DURING STORAGE UNDER LOW POSITIVE TEMPERATURE IN NORMAL ATMOSPHERIC CONDITIONS

ZH. A. RUPASOVA, N. B. PAVLOVSKY, P. N. BELY, A. S. SAYAN, A. V. USHAKOVA, S. N. AVRAMENKO, A. G. PAVLOVSKAYA, A. V. RALTSEVICH

Abstract

This paper presents the results of a comparative study on the transformation of the biochemical composition in berries of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea*) cultivars Aurora, Zojka, Wojtek, Indigo Gem, Honey Bee, and Leningradsky Velikan during 8 days of storage under normal atmospheric conditions at a temperature of (+4 ± 1) °C. It was found that berry contents decreased by 17–32% in free organic acids, 20–40 % in ascorbic acid, 16–50% in hydroxycinnamic acids, 3–14 % in pectins, 19–34 % in tannins, 6–14 % in anthocyanin pigments (including 5–26 % in anthocyanins proper, 7–31 % in leucoanthocyanins, and 3–6 % in vitamin P compounds), while increasing by 7–25 % in catechins, 7–36 % in flavonols, 8–29 % in soluble sugars, and showing a 34–82 % rise in the sugar-to-acid ratio. The direction and magnitude of these trends were determined by storage duration, plant genotype, and the chemical nature of the organic compounds. In most honeysuckle taxa, the overall nutritional and vitamin value – assessed using 14 biochemical indicators – decreased by 1.3–1.9 times. The smallest decline was observed in Indigo Gem and Honey Bee, while the greatest loss occurred in Wojtek. Notably, Zojka berries exhibited a 1.2-fold increase in integrated value.

The transformation of the biochemical composition was accompanied by a weakening of antiradical properties, especially during the second stage of storage. This was due to a reduction in antioxidant and enzymatic activity by 10–42 % and 9–73 %, respectively. The least degradation of the antioxidant complex was observed in the zoned cultivar Leningradsky Velikan, and the greatest – 5.5 times higher – was recorded in Honey Bee.

Keywords: blue honeysuckle, transformation, storage, biochemical composition, antioxidants.

Поступила в редакцию 25.02.2025

УДК 634.737:581.192:631.563

ГЕНОТИПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ УГЛЕВОДНОГО КОМПЛЕКСА ПЛОДОВ *VACCINIUM CORYMBOSUM* L. В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ В ОБЫЧНОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ ПРИ НИЗКИХ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Ж. А. РУПАСОВА, С. Н. АВРАМЕНКО, А. В. УШАКОВА, А. С. САЯН, Н. Б. ПАВЛОВСКИЙ, О. В. ДРОЗД, А. Г. ПАВЛОВСКАЯ, Т. В. ШПИТАЛЬНАЯ, П. Н. БЕЛЫЙ

ГНУ «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси», ул. Сурганова, 2в, г. Минск, 220012, Беларусь, e-mail: rupasova@basnet.by

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты сравнительного исследования генотипических особенностей изменения содержания пектиновых веществ, растворимых сахаров и показателя сахарокислотного индекса в плодах 6 новых интродуцируемых сортов голубики высокорослой: раннеспелые – Chanticleer, Hannah's Choice, среднеспелые – Bluegold, Harrison и позднеспелые – Aurora, Rubel, а также соответствующих данным сортовым группам районированных сортов Weymouth, Bluecrop и Elliott на двух этапах хранения с 10-суточным интервалом в обычной газовой среде при низких положительных температурах (+4 ± 1) °С. На завершающем этапе хранения установлено обогащение плодов на 7–32 % растворимыми сахарами с увеличением показателя сахарокислотного индекса на 35–119 %, сопряженное с их обеднением на 2–17 % пектиновыми веществами относительно исходного уровня, а направленность и степень выразительности выявленных тенденций в трансформации их углеводного комплекса определялись химической природой компонентов биохимического состава, генотипом опытных растений, а также сроками созревания и продолжительностью хранения плодов.

Ключевые слова: голубика высокорослая, плоды, хранение, низкие положительные температуры, пектиновые вещества, растворимые сахара, сахарокислотный индекс.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с особой популярностью у населения республики плодов голубики высокорослой, являющихся ценным пищевым и лечебно-профилактическим продуктом, несомненный научный и практический интерес обретают вопросы их хранения, кратковременность периода которого ограничивает возможности реализации и поставок ягодной продукции на внутренний и внешний рынки. Широко распространенный за рубежом способ продления потребительских качеств плодов голубики путем замораживания с последующим хранением при низких положительных температурах обусловливает относительную стабильность их основных физико-химических характеристик [1, 2]. Однако при последующем размораживании он не обеспечивает сохранения ими товарного вида, что не позволяет использовать их в качестве столового продукта для розничной продажи и существенно актуализирует хранение голубики в холодильных установках при низких положительных температурах.

Вместе с тем в научной литературе практически отсутствует имеющая важное теоретическое и практическое значение информация о происходящей при этом трансформации биохимического состава плодов. Поскольку в настоящее время в рамках Государственной программы научных исследований «Природные ресурсы и окружающая среда» осуществляется комплексная оценка адаптивного потенциала новых интродуцируемых сортов голубики высокорослой, пополнивших коллекционный фонд Центрального ботанического сада НАН Беларуси, то представлялось целесообразным в период хранения их плодов провести исследование изменения содержания в них ряда биологически активных соединений, в том числе углеводов – пектиновых веществ и растворимых сахаров. С этой целью в 2024 г. проведен соответствующий лабораторный эксперимент по выявлению генотипических особенностей трансформации углеводного комплекса плодов новых тестируемых сортов голубики при хранении в условиях обычной газовой среды при температуре (+4 ± 1) °С.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов исследований использованы плоды 6 новых интродуцируемых сортов голубики высокорослой: раннеспелые – Chanticleer, Hannah's Choice, среднеспелые – Bluegold, Harrison и позднеспелые – Aurora, Rubel, а также соответствующих данным группам спелости районированных сортов Weymouth, Bluecrop и Elliott. Опытные растения выращены на экспериментальном участке отраслевой лаборатории интродукции и технологии нетрадиционных ягодных растений ЦБС НАН Беларуси (Ганцевичский р-н Брестской обл.) на осушенной торфяно-болотной почве. Закладку плодов на хранение осуществляли по достижении ими состояния съемной зрелости. В качестве тары использовали одноразовые пищевые пластиковые контейнеры с отверстиями объемом 400 мл (Т 602 для ягод и фруктов с крышками Т 601). Образцы формировали только из внешне здоровых плодов и хранили их в лабораторном холодильнике при низких положительных температурах (+4 ± 1) °С и относительной влажности воздуха 40–70 %. Закладка на хранение опытных образцов раннеспелых сортов осуществлена 17 июля с последующим отбором средних проб для проведения аналитических работ дважды за период хранения – 26 июля и 2 августа. У среднеспелых сортов аналогичные сроки отбора проб соответствовали датам 24 июля, 2 и 12 августа, а у позднеспелых – 20 августа, 2 и 12 сентября. При этом для всех сортовых групп интервал отбора проб составлял 10 дней. В дальнейшем, из-за утраты плодами товарных и потребительских качеств, эксперимент был завершен.

Перед закладкой плодов на хранение и на последующих его этапах в высушенных при температуре 60 °С усредненных пробах определяли содержание растворимых сахаров – ускоренным полумикрометодом [3]; пектиновых веществ – кальциево-пектатным методом [4]. Сахарокислотный индекс плодов оценивался соотношением количеств растворимых сахаров и свободных органических кислот. Все аналитические определения выполнены в двукратной биологической и трехкратной аналитической повторностях. Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По нашим наблюдениям, в выполненном годом ранее эксперименте сохранение товарного вида плодов ранне-, средне- и позднеспелых сортов голубики в подобных условиях наблюдалось в течение 30–39; 28–37 и 14–41 суток соответственно, причем наибольшим по продолжительности оно было у новых интродуцируемых сортов Hannah's Choice, Bluegold и Aurora, тогда как наименьшим – у сортов Chanticleer, Harrison и Rubel [5].

В настоящем же эксперименте еще перед закладкой плодов обозначенных сортов голубики на хранение выявлены заметные генотипические различия в содержании растворимых сахаров, пектиновых веществ и показателе сахарокислотного индекса (табл. 1), заметно усиливавшиеся в процессе хранения, что согласуется с результатами наших более ранних аналогичных исследований с клюквой крупноплодной и другими сортами голубики высокорослой, показавшими существенную зависимость степени трансформации биохимического состава плодов от генотипа растений [6]. Вместе с тем были выявлены и отчетливо выражены общие закономерности. Так, к завершению периода хранения плодов у всех таксонов голубики наблюдалось снижение относительно исходного уровня содержания пектиновых веществ, продукты распада которых расходовались в качестве запасного энергетического материала в их дыхательном газообмене [7].

Как следует из табл. 2, у раннеспелых сортов величина данного снижения составляла 9–17 %, причем наибольшей она была у районированного сорта Weymouth и в 1,5–1,9 раза менее значительной у сравниваемых с ним новых интродуцируемых таксонов голубики, тогда как у среднеспелых и позднеспелых сортов потери пектинов были примерно равными и в основном не превышали 4–7 %, и лишь в единичном случае – у районированного сорта Bluecrop – они достигали почти 23 %. При этом в группе ранних сортов у районированного сорта Weymouth снижение содержания пектиновых веществ протекало сравнительно равномерно на протяжении эксперимента, тогда как у сравниваемых с ним новых интродуцируемых таксонов, как и у среднеспелого сорта Chanticleer, наиболее высокие темпы данного снижения установлены на первом этапе хранения плодов, а у сортов Bluecrop и Harrison, как и у всех позднеспелых, – на втором.

Таблица 1. **Содержание в сухой массе плодов интродуцируемых сортов *Vaccinium corymbosum* растворимых сахаров, пектиновых веществ и показатель сахарокислотного индекса на отдельных этапах хранения в условиях обычной газовой среды при температуре (+4 ± 1) °С**

Сорт, срок отбора проб	Растворимые сахара, %		Сахарокислотный индекс		Пектиновые вещества, %	
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$t_{ст}$	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$t_{ст}$	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$t_{ст}$
Раннеспелые сорта						
Weymouth (*st*) **17.07**	**44,7 ± 0,7**		**3,8 ± 0,1**		**6,15 ± 0,10**	
26.07	45,3 ± 0,7	0,7	4,7 ± 0,1	5,6*	5,51 ± 0,08	–5,0*
02.08	52,0 ± 2,1	3,4*	6,8 ± 0,3	8,8*	5,13 ± 0,08	–7,9*
Chanticleer 17.07	**45,3 ± 0,7**		**8,4 ± 0,2**		**8,28 ± 0,09**	
26.07	47,3 ± 0,7	2,1	9,6 ± 0,1	6,1*	7,72 ± 0,12	–3,8*
02.08	48,3 ± 0,3	4,0*	11,3 ± 0,4	6,5*	7,53 ± 0,22	–3,1*
Hannah's Choice 17.07	**49,0 ± 1,0**		**4,5 ± 0,1**		**6,76 ± 0,12**	
26.07	50,7 ± 1,5	0,9	5,7 ± 0,1	8,5*	6,12 ± 0,07	–4,4*
02.08	53,7 ± 0,7	3,9*	6,5 ± 0,2	10,5*	5,99 ± 0,11	–4,6*
Среднеспелые сорта						
Bluecrop (*st*) **24.07**	**42,0 ± 0,6**		**3,6 ± 0,1**		**5,92 ± 0,04**	
02.08	44,3 ± 0,3	3,5*	4,5 ± 0,1	9,0*	5,66 ± 0,07	–3,2*
12.08	55,3 ± 0,9	12,6*	7,9 ± 0,3	13,2*	4,59 ± 0,08	–15,1*
Bluegold 24.07	44,7 ± 0,7		4,0 ± 0,1		6,46 ± 0,05	
02.08	49,0 ± 1,0	3,6*	5,2 ± 0,1	9,3*	6,11 ± 0,08	–3,8*
12.08	49,3 ± 1,3	3,1*	7,5 ± 0,4	9,3*	6,02 ± 0,06	–5,8*
Harrison 24.07	**50,0 ± 0,6**		**3,9 ± 0,1**		**7,03 ± 0,07**	
02.08	58,7 ± 0,7	9,8*	6,8 ± 0,1	17,6*	6,85 ± 0,14	–1,1
12.08	58,7 ± 0,7	9,8*	8,1 ± 0,1	25,6*	6,77 ± 0,04	–3,3*
Позднеспелые сорта						
Elliott (*st*) **20.08**	**47,0 ± 0,6**		**5,0 ± 0,2**		**6,60 ± 0,04**	
30.08	48,0 ± 0,6	1,2	6,8 ± 0,2	7,3*	6,50 ± 0,04	–1,8
09.09	51,3 ± 0,9	4,1*	9,0 ± 0,3	11,2*	6,46 ± 0,03	–2,8*
Aurora 20.08	**43,0 ± 0,6**		**3,8 ± 0,1**		**6,19 ± 0,08**	
30.08	45,3 ± 0,3	3,5*	5,0 ± 0,2	6,6*	6,02 ± 0,08	–1,6
09.09	46,7 ± 0,7	4,2*	5,7 ± 0,2	7,7*	5,93 ± 0,03	–3,2*
Rubel 20.08	**40,3 ± 0,7**		**9,9 ± 0,3**		**8,25 ± 0,09**	
30.08	42,7 ± 0,3	3,1*	11,3 ± 0,2	3,6*	8,03 ± 0,04	–2,3
09.09	45,0 ± 0,6	5,3*	13,9 ± 0,4	7,8*	7,80 ± 0,12	–3,0*

* Статистически значимые по *t*-критерию Стьюдента различия со стандартным сортом при $p < 0,05$.

Таблица 2. **Относительные различия с исходным уровнем компонентов углеводного комплекса плодов интродуцируемых сортов *Vaccinium corymbosum* на отдельных этапах хранения в условиях обычной газовой среды при температуре (+4 ± 1) °С, %**

Показатель	1 / исх.	2 / исх.	2 / 1	1 / исх.	2 / исх.	2 / 1	1 / исх.	2 / исх.	2 / 1
Раннеспелые сорта									
	Weymouth (*st*)			Chanticleer			Hannah's Choice		
Растворимые сахара	–	**+16,3**	**+14,8**	–	**+6,6**	**+2,1**	–	**+9,6**	**+5,9**
Сахарокислотный индекс	**+23,7**	**+78,9**	**+44,7**	**+14,3**	**+34,5**	**+17,7**	**+26,7**	**+44,4**	**+14,0**
Пектиновые вещества	–10,4	–16,6	–6,9	–6,8	–9,1	–2,5	–9,5	–11,4	–2,1
Совокупный эффект	**+13,3**	**+78,6**		**+7,5**	**+32,0**		**+17,2**	**+42,6**	
Среднеспелые сорта									
	Bluecrop (*st*)			Bluegold			Harrison		
Растворимые сахара	**+5,5**	**+31,7**	**+24,8**	**+9,6**	**+10,3**	–	**+17,4**	**+17,4**	–
Сахарокислотный индекс	**+25,0**	**+119,4**	**+75,6**	**+30,0**	**+87,5**	**+44,2**	**+74,4**	**+107,7**	**+19,1**
Пектиновые вещества	–4,4	–22,5	–18,9	–5,4	–6,8	–	–	–3,7	–
Совокупный эффект	**+26,1**	**+128,6**		**+34,2**	**+91,0**		**+91,8**	**+121,4**	
Позднеспелые сорта									
	Elliott (*st*)			Aurora			Rubel		
Растворимые сахара	**–**	**+9,1**	**+6,9**	**+5,3**	**+8,6**	**+3,1**	**+6,0**	**+11,7**	**+5,4**
Сахарокислотный индекс	**+36,0**	**+80,0**	**+32,4**	**+31,6**	**+50,0**	**+14,0**	**+14,1**	**+40,4**	**+23,0**
Пектиновые вещества	–	–2,1	–	–	–4,2	–	–	–5,5	–2,9
Совокупный эффект	**+36,0**	**+87,0**		**+36,9**	**+54,4**		**+20,1**	**+46,6**	

Примечание. 1 / исх. и 2 / исх. – величина изменения показателя от начала хранения; 2 / 1 – величина изменения показателя от срока к сроку. Прочерк означает отсутствие статистически значимых различий по *t*-критерию Стьюдента с исходным уровнем при $p < 0,05$.

На этом фоне к окончанию эксперимента у всех исследуемых таксонов голубики наблюдалось существенное обогащение плодов растворимыми сахарами, обусловленное показанной выше частичной деструкцией пектинов и в большей степени органических кислот с образованием моно- и дисахаридов [8]. Заметим, что наиболее выраженным увеличением их содержания (на 10–32 %) характеризовались среднеспелые сорта голубики, особенно районированный сорт Bluecrop, на фоне вдвое-втрое меньших, чем у него, относительных размеров данного увеличения у сравниваемых с ним новых тестируемых таксонов голубики. В плодах раннеспелых сортов, отмеченных в это время превышением исходного уровня растворимых сахаров на 7–16 %, как и в предыдущем случае, наиболее значительным оно было у районированного сорта Weymouth и в 2–3 раза меньшим у сравниваемых с ним новых интродуцируемых сортов. За период хранения плодов наименее выраженной активизацией накопления растворимых сахаров в пределах 9–12 %, при отсутствии существенных различий между ними по данному признаку, характеризовались позднеспелые сорта голубики.

Вместе с тем наиболее высокие темпы обогащения плодов всех раннеспелых сортов голубики, как и районированных среднеспелого Bluecrop и позднеспелого Elliott, растворимыми сахарами установлены на втором этапе хранения, тогда как у обоих тестируемых среднеспелых сортов – на первом при сравнительно равномерном накоплении данных углеводов на протяжении эксперимента у интродуцируемых позднеспелых сортов.

Как и в аналогичном эксперименте с плодами жимолости синей [7], в процессе хранения плодов голубики высокорослой активизация накопления растворимых сахаров при ингибировании такового органических кислот способствовала заметному улучшению их вкусовых свойств, что подтверждалось соответствующим увеличением показателя их сахарокислотного индекса по сравнению с исходным уровнем, наиболее значительным опять-таки у среднеспелых сортов (на 88–119 %), особенно у районированного сорта Bluecrop и несколько уступавшего ему по данному признаку интродуцируемого сорта Harrison. Несколько меньшими и довольно сходными относительными размерами данного увеличения характеризовались ранне- и позднеспелые сорта голубики – соответственно на 35–79 и 40–80 %. При этом и у тех, и у других наиболее существенное увеличение сладости плодов выявлено у районированных сортов Weymouth и Elliott. Заметим, что в большинстве случаев этот позитивный эффект проявился в основном на втором этапе лабораторного эксперимента.

Как видим, в процессе хранения плодов голубики в обычной газовой среде при температуре (+4 ± 1) °С происходила частичная деструкция пектиновых веществ, подтверждаемая снижением их содержания в общем таксономическом ряду на 2–17 % относительно исходного уровня и сопровождавшаяся их обогащением на 7–32 % растворимыми сахарами с увеличением показателя сахарокислотного индекса на 35–119 %, темпы которых в значительной степени определялись химической природой данных соединений, генотипом опытных растений и продолжительностью периода хранения. С целью выявления таксонов голубики с наиболее активной трансформацией углеводного комплекса плодов и установления этапа эксперимента с наиболее высокими темпами данного процесса, на каждом этапе хранения плодов была определена величина совокупного эффекта путем суммирования относительных различий с исходным уровнем содержания растворимых сахаров, пектиновых веществ и показателя сахарокислотного индекса, с учетом направленности выявленных изменений (табл. 2).

Нетрудно убедиться, что к завершению эксперимента наиболее значительной трансформацией углеводного комплекса плодов голубики в целом по совокупности обозначенных признаков характеризовались среднеспелые сорта голубики, у которых этот показатель варьировался в сортовом ряду в диапазоне 91–129 % при наибольших, причем почти одинаковых значениях у районированного сорта Bluecrop и нового интродуцируемого сорта Harrison. Менее выраженным (в 1,5–2,6 раза) его увеличением относительно исходного уровня с диапазоном варьирования 47–87 % отличались позднеспелые сорта голубики, причем для новых тестируемых таксонов Aurora и Rubel обнаружено заметное сходство в степени данного увеличения, уступавшей в 1,6–1,9 раза по величине совокупного эффекта районированному сорту Elliott. Что касается ранне-

спелых сортов голубики, то для них показана наименее выраженная в общем таксономическом ряду степень трансформации углеводного комплекса плодов на 32–79 %, уступавшая в 1,6–2,9 раза таковой у лидирующих по данному признаку среднеспелых сортов. Как и у обеих предыдущих сортовых групп голубики, наиболее значительной она была у районированного сорта Weymouth и наименьшей у тестируемого таксона Chanticleer.

На основании сопоставления степени трансформации углеводного комплекса плодов у исследуемых таксонов голубики на заключительной стадии эксперимента в порядке снижения данного показателя была установлена нижеприведенная их последовательность: Bluecrop > Harrison > > Bluegold > Elliott > Weymouth > Aurora > Rubel > Hannah's Choice > Chanticleer, из которой следует, что наиболее высокой она была у среднеспелых сортов Bluecrop и Harrison, тогда как наименьшей – у раннеспелого сорта Chanticleer.

Вместе с тем, как следует из табл. 2, при сопоставлении степени трансформации углеводного комплекса плодов голубики на двух 10-дневных этапах хранения, в большинстве случаев наиболее значительные изменения в нем установлены на его втором этапе, и лишь у сортов Harrison и Aurora – на первом при относительно близких темпах данных изменений на обоих этапах хранения у сорта Rubel.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате сравнительного исследования генотипических особенностей изменения содержания пектиновых веществ, растворимых сахаров и показателя сахарокислотного индекса в плодах 6 новых интродуцируемых сортов голубики высокорослой: раннеспелые – Chanticleer, Hannah's Choice, среднеспелые – Bluegold, Harrison и позднеспелые – Aurora, Rubel, а также соответствующих данным сортовым группам районированных сортов Weymouth, Bluecrop и Elliott на двух этапах хранения с 10-суточным интервалом в обычной газовой среде при низких положительных температурах (+4 ± 1) °С у всех обозначенных таксонов установлены сходные закономерности, аналогичные выявленным в подобном эксперименте с плодами жимолости синей и свидетельствовавшие об их общебиологической природе.

На завершающем этапе хранения плодов установлено их обогащение на 7–32 % растворимыми сахарами с увеличением показателя сахарокислотного индекса на 35–119 % относительно исходного уровня, сопряженное с их обеднением на 2–17 % пектиновыми веществами, причем направленность и степень выразительности выявленных тенденций в изменении содержания данных соединений в значительной мере определялись их химической природой, генотипом опытных растений, а также сроками созревания и продолжительностью хранения плодов.

Установлено, что в процессе хранения последних наиболее значительной трансформацией их углеводного комплекса по совокупности обозначенных признаков характеризовались среднеспелые сорта, наименьшей – раннеспелые. При этом в общем таксономическом ряду опытных растений наибольшие изменения в нем установлены у среднеспелых сортов Bluecrop и Harrison, тогда как наименьшие – у раннеспелого сорта Chanticleer. Показано, что у большинства таксонов голубики наиболее высокие темпы выявленных изменений обнаружены на втором этапе хранения плодов, и лишь у сортов Harrison и Aurora – на первом при относительном их сходстве на обоих этапах хранения у сорта Rubel.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Moggia, C. Modified atmosphere packaging in blueberries: effect of harvest time and moment of bag sealing / C. Moggia, G. A. Lobos, J. B. Retamales // Acta Horticulturae. – 2014. – Vol. 1, № 1017. – P. 153–158.

2. Scibisz, I. The changes of antioxidant properties in highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) during freezing and long-term frozen storage / I. Scibisz, M. Mitek // Acta Scientiarum. Polonorum, Technologia Alimentaria. – 2007. – № 6 (4). – P. 75–82.

3. Большой практикум «Биохимия». Лабораторные работы : учеб. пособие / М-во образования и науки Рос. Федерации, Перм. гос. нац. исслед. ун-т ; сост. М. Г. Кусакина, В. И. Суворов, Л. А. Чудинова. – Пермь : Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2012. – 148 с.

4. Марх, А. Т. Технохимический контроль консервного производства / А. Т. Марх, Т. Ф. Зыкина, В. Н. Голубев. – М. : Агропромиздат, 1989. – 304 с.

5. Влияние генотипа растений голубики высокорослой и погодных условий вегетационного периода на лежкоспособность плодов при низкой положительной температуре / Н. Б. Павловский, Ж. А. Рупасова, О. В. Дрозд [и др.] // Ботанический сад. – 2024. – № 1. – С. 27–31.

6. Интродукция малораспространенных культур плодоводства в условиях Беларуси (клюква крупноплодная, голубика высокорослая, актинидия аргута, актинидия коломикта, актинидия полигамная) / Ж. А. Рупасова, И. М. Гаранович, Т. В. Шпитальная [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 209 с.

7. Трансформация биохимического состава плодов жимолости синей в процессе хранения в обычной газовой среде при низкой положительной температуре / Ж. А. Рупасова, Н. Б. Павловский, П. Н. Белый [и др.] // Ботанический сад. – 2024. – № 3. – С. 36–41.

8. Грушева, Т. П. Изменение химического состава плодов колонновидных сортов яблони при хранении / Т. П. Грушева, И. Н. Остапчук // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – 2015. – Т. 27. – С. 286–293.

GENOTYPIC FEATURES OF CARBOHYDRATE COMPLEX TRANSFORMATION IN *VACCINIUM CORYMBOSUM* L. FRUITS DURING STORAGE UNDER NORMAL ATMOSPHERIC CONDITIONS AT LOW POSITIVE TEMPERATURES

ZH. A. RUPASOVA, S. N. AVRAMENKO, A. V. USHAKOVA, A. S. SAYAN, N. B. PAVLOVSKY, O. V. DROZD, A. G. PAVLOVSKAYA, T. V. SHPITALNAYA, P. N. BELY

Abstract

This paper presents the results of a comparative study on genotypic features of changes in the content of pectic substances, soluble sugars, and the sugar-to-acid ratio in berries of six newly introduced highbush blueberry cultivars – early ripening: Chanticleer, Hannah's Choice; mid-season: Bluegold, Harrison; late-ripening: Aurora, Rubel – as well as zoned cultivars corresponding to these ripening groups: Weymouth, Bluecrop, and Elliott. Measurements were taken at two storage stages with a 10-day interval under normal atmospheric conditions at low positive temperatures (+4 ± 1) °C. At the final stage of storage, berries showed a 7–32 % increase in soluble sugars and a 35–119 % rise in the sugar-to-acid ratio, accompanied by a 2–17 % decrease in pectic substances compared to initial levels. The direction and intensity of carbohydrate complex transformation trends were found to depend on the chemical nature of the compounds, plant genotype, fruit ripening time, and storage duration.

Keywords: highbush blueberry, berries, storage, low positive temperatures, pectic substances, soluble sugars, sugar-to-acid ratio.

Поступила в редакцию 20.02.2025

УДК 634.8:631.526.32:663.222(476)

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ВИНОГРАДА СОРТА ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ МАРШАЛ ФОШ, ВЫРАЩЕННОГО В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ, ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТОЛОВОГО СУХОГО ВИНА

Г. А. НОВИК, А. М. КРИВОРОТ, О. С. КАРАНИК, Д. И. МАРЦИНКЕВИЧ, М. Г. МАКСИМЕНКО

РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты двухлетних исследований по оценке пригодности сорта винограда технического назначения Маршал Фош, выращенного в различных терруарах (отделы селекции плодовых культур и технологии плодоводства РУП «Институт плодоводства» (Минский район, Минская область), ОАО «Остромечево» (Брестский район, Брестская область), филиал «Великая Раёвка» ОАО «Крыница» (Копыльский район, Минская область)) для изготовления красного столового сухого вина.

Определено, что в изучаемых образцах свежего винограда содержание растворимых сухих веществ, сахаров и титруемых кислот варьировало в пределах 21,7–26,3 %, 21,2–25,2 и 6,8–8,7 % соответственно, pH – 2,79–2,87.

Во всех представленных образцах вина как до яблочно-молочного брожения и криостабилизации, так и после них уровень pH находился в пределах от 3,52 до 3,82, а содержание сахаров – менее 0,5 г/л с содержанием этилового спирта 10–13 % в готовом продукте. Средняя дегустационная оценка готового красного сухого столового вина всех опытных образцов находилась в пределах от 7,9 до 8,8 балла, а сами образцы полностью соответствовали требованиям ГОСТ 32030-2021 «Вина. Общие технические условия».

Ключевые слова: виноград, сорт, вино, химический состав, вкус, органолептическая оценка, яблочно-молочное брожение, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Наметившееся устойчивое изменение климата в сторону потепления позволяет выращивать, помимо традиционных для страны плодовых и ягодных сельскохозяйственных растений, теплолюбивые культуры, наиболее перспективной из которых является виноград. Промышленное виноградарство способно при взвешенном применении современных научных достижений обеспечить высокую прибыльность и конкурентоспособность соответствующей продукции из винограда, в том числе натурального вина.

Виноградарство и виноделие зарубежных стран находят отражение с достаточной полнотой в нескольких странах, типичных для отдельных континентов и регионов. Так, в Западной Европе наиболее представительны Франция и Германия, в южной ее части – Испания и Италия. Среди стран Восточной Европы можно выделить Венгрию и Болгарию [1].

Общая площадь виноградников в мире составляет более 10 млн га и расположены они, главным образом, в странах с теплым климатом. Сегодня мировой рынок виноделия включает в себя более 80 стран-производителей и условно разделяет продукцию на вина Старого (традиционные упомянутые винодельческие районы Европы и Ближнего Востока) и Нового Света (страны вне пределов Европы). Основным производителем виноградного вина в Азии является Турция, на Американском континенте – США, Аргентина и Чили, а в Африке – ЮАР [2].

Возделыванием винограда и его переработкой занимаются и в странах постсоветского пространства, которые объединены по эколого-географическим условиям в три региона: Российская Федерация, Украина и Молдова входят в европейский; Грузия, Азербайджан и Армения – в закавказский; Казахстан, Киргизия, Таджикистан, Туркмения и Узбекистан – в среднеазиатский регион [1, 2].

Современный мировой рынок вина стремительно развивается и меняется. Конкуренция на мировом рынке заставила виноделов изучать, как можно оптимизировать использование терруара, как правильно подобрать сорта винограда для данных почвенно-климатических условий, как

следует подходить к процессу изготовления вина. Изменение климата выявило холодное виноградарство в странах, которые ранее не считались подходящими для виноделия [1–3].

На фоне глобального потепления климата в Республике Беларусь наблюдается значительное расширение зон выращивания винограда, что еще несколько десятилетий назад, ввиду его теплолюбивости, считалось достаточно проблематичным. В стране уже заложены первые промышленные виноградники (ОАО «Пинский винодельческий завод», ОАО «Остромечево», РУП «Гомельская ОСХОС» НАН Беларуси, ФХ «Винифера», РУП «Институт плодоводства», филиал «Великая Раёвка» ОАО «Крыница» и др.).

Обширные исследования, проводившиеся в течение многих лет научными учреждениями мира, показывают, что качество винограда и получаемого из него вина зависит в первую очередь от генотипических (сорт и его происхождение) и эколого-географических факторов (метеоусловия, место произрастания, элементы агротехники). Установлено, что независимо от химического состава веществ, составляющих биологическую ценность винограда и вина, главенствующим для них является сорт (генотип) [4, 5].

Многолетние поисковые исследования, проведенные в РУП «Институт плодоводства», показали, что сахаристость винограда, выращенного в условиях Беларуси, варьировалась в пределах 14,4–21,6 %. Такие значения данного показателя являются достаточными для осуществления процесса сбраживания виноградного сусла и получения натурального столового сухого вина по ГОСТ 32030-2021 «Вина. Общие технические условия», введенного в действие на территории Республики Беларусь в качестве государственного стандарта с 1 января 2023 г. [6].

В климатических условиях Беларуси, которые ограничены тепловыми ресурсами в вегетационный период и характеризуются неблагоприятными факторами перезимовки, для возделывания пригодны сорта винограда очень ранние, ранние и зимостойкие [7–9].

В районах северного виноградарства виноград возделывают в основном для потребления на десерт, но ситуация со временем изменилась и все больше возделывают сорта универсального и технического назначения, которые наиболее пригодны для переработки как для сока прямого отжима, так и производства вин [7, 10–11].

Виноградо-винодельческая отрасль в Республике Беларусь находится на первоначальном этапе развития, а именно: направлена на поиск возможностей обеспечения внутреннего рынка винами, произведенными из выращенного на территории страны сырья наиболее адаптированных сортов, что в перспективе может положить начало производству собственных виноградных вин с защищенным географическим указанием (терруарное вино).

Цель исследований – изучить основные требования к сырью и определить оптимальные способы изготовления вина столового сухого из винограда интродуцированного сорта Маршал Фош, выращенного в разных терруарах Республики Беларусь.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являлся сорт красного винограда французской селекции Маршал Фош технического назначения, выращенный в различных терруарах Беларуси (отделы селекции плодовых культур и технологии плодоводства РУП «Институт плодоводства» (Минский район, Минская область), ОАО «Остромечево» (Брестский район, Брестская область), филиал «Великая Раёвка» ОАО «Крыница» (Копыльский район, Минская область).

Отбор образцов свежего винограда осуществляли по мере созревания согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (ВНИИСПК, Орёл, 1999) [12].

Химические показатели свежего винограда и опытных образцов вина определяли в трехкратной повторности следующими методами:

растворимые сухие вещества (РСВ) – рефрактометрическим методом по ГОСТ ISO 2173-2013 [13];

сахара – ареометрическим методом [14];

титруемые кислоты – титриметрическим методом по ГОСТ ISO 750-2013 [15];

pH – потенциометрическим методом [14].

Органолептические показатели определяла дегустационная комиссия РУП «Институт плодоводства» по дегустационной системе, включающей оценку образца по 10-балльной шкале и его развернутую описательную характеристику [16].

Опытные образцы вина изготавливали по общепринятой технологии производства сухого столового вина [17–20].

Математическую обработку результатов осуществляли при помощи программного пакета Microsoft Excel [21].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В условиях Беларуси виноград технических сортов начинает созревать с начала второй декады августа. Для изготовления сухого столового вина используется, как правило, виноград в потребительской степени зрелости, при этом содержание РСВ в ягодах винограда красных сортов должно находиться в пределах 23–25 %, а содержание сахаров – 20–21 %. Сок в плодах темных сортов должен быть равномерно окрашен, а ягода при этом должна легко отрываться от грозди.

В условиях Беларуси виноград изучаемого сорта Маршал Фош достиг своей потребительской степени зрелости к концу второй декады сентября – первой декаде октября.

В процессе скрининга изучаемых вариантов было определено, что содержание РСВ в ягодах сорта Маршал Фош из ОАО «Остромечево» составило 26,3 %, сахаров – 25,2 %, титруемая кислотность – 7,3 %. У винограда этого же сорта, выращенного в РУП «Институт плодоводства» в отделе технологии плодоводства, содержание РСВ и сахаров было 24,9 и 24,3 % соответственно, титруемая кислотность – 7,9 %, а у винограда, выращенного в отделе селекции плодовых культур, содержание РСВ на 3,2 % ниже, а количество титруемых кислот на 0,8 % выше, у ягод винограда, выращенных в условиях Копыльского района (Великая Раёвка), где содержание РСВ было 24,1 %, а сахаров – 23,9 %, минимальная титруемая кислотность – 6,8 %. Показатель pH у всех опытных образцов находился в пределах от 2,79 до 2,87. Сок у винограда всех опытных образцов хорошо окрашен (табл. 1).

Таблица 1. **Содержание РСВ, сахаров, органических кислот и степень окрашивания сока в ягодах винограда сорта Маршал Фош, выращенного в различных терруарах Беларуси, 2023–2024 гг.**

Терруар	РСВ, %	Сумма сахаров, %	Титруемая кислотность, %	pH	Наличие окраски сока
Отдел селекции плодовых культур	21,7	21,2	8,7	2,79	Окрашен
Отдел технологии плодоводства	24,9	24,3	7,9	2,87	Окрашен
ОАО «Остромечево»	26,3	25,2	7,3	2,82	Окрашен
Филиал «Великая Раёвка»	24,1	23,9	6,8	2,83	Окрашен
$НСР_{0,05}$	*1,78*	*1,37*	*1,83*	*0,176*	–

Вино столовое сухое красное изготавливали по общепринятой технологии с первичным брожением и одновременной мацерацией на мезге в течение 9 дней при температуре +17 °С для получения максимально интенсивной окраски готового вина и более выраженного вкуса и аромата. После отделения мезги брожение проходило при температуре +24...+28 °С.

При производстве вина имеют значения такие показатели, как отрыв ягоды от гребней и выход сока. Отрыв ягоды от грозди у всех изучаемых образцов легкий, без усилий. Следует отметить, что выход сока у винограда сорта Маршал Фош достаточно высокий, так как определяли его после брожения сусла на мезге. У всех изучаемых вариантов винограда выход сока был выше 70 %. Максимальный выход сока (82,1 %) отмечен у образца, выращенного в отделе технологии производства. Минимальный выход сока был у винограда, выращенного в Великой Раёвке (Копыльский район) – 74,9 %. Средний показатель выхода сока по всем изучаемым образцам составил 77,8 % (табл. 2).

Из сырья, собранного в четырех терруарах, в отделе хранения и переработки изготовлено 9 образцов виноматериала. Для их производства были добавлены разные расы винных дрожжей, а готовый виноматериал выдерживался в емкостях из различных материалов (табл. 3).

Таблица 2. **Выход сока и наличие твердого остатка у образцов сорта Маршал Фош, выращенных в различных терруарах Беларуси (2023–2024 гг.), %**

Терруар	Выход сока	Гребни
Отдел селекции плодовых культур	76,7	7,5
Отдел технологии плодоводства	82,1	7,6
ОАО «Остромечево»	77,3	7,5
Филиал «Великая Раёвка»	74,9	7,4
$НСР_{0,05}$	*8,41*	*0,60*

Таблица 3. **Варианты используемых дрожжей при производстве опытных образцов красного вина из сорта Маршал Фош и способы их выдержки**

Терруар	Дрожжи	Способ выдержки опытных образцов
Отдел селекции плодовых культур	R-56	В стеклянной емкости
	Enartis	В стеклянной емкости
Отдел технологии плодоводства	Bourgovin RC 212	В стеклянной емкости
ОАО «Остромечево»	Bourgovin RC 212	В стеклянной емкости
	Bourgovin RC 212	В стальной емкости
	VR-21	В стеклянной емкости
	R-56	В стеклянной емкости
Филиал «Великая Раёвка»	Bourgovin RC 212	В стеклянной емкости
	Enartis	В стеклянной емкости

При оценке вина его кислотность является одним из основных показателей химического состава и вкусовых признаков. Концентрация титруемых кислот в сусле в среднем составляет 5–14 г/дм^3, в готовом вине – 4–9 г/дм^3. Из органических кислот преобладают яблочная и винная, перешедшие из винограда, а также молочная и янтарная, образующиеся в результате яблочно-молочного брожения (ЯМБ) [22].

На соотношение яблочной и винной кислот оказывает влияние географическое расположение региона возделывания винограда, а также погодные условия года.

Как показывает практика, в условиях Беларуси в винограде преобладает яблочная кислота, повышенное содержание которой обуславливает неприятную резкость во вкусе вина. Поэтому в условиях Беларуси необходимо дополнительно проводить такие технологические операции, как ЯМБ и криостабилизация, что позволяет снизить содержание яблочной кислоты. После ЯМБ привкус «зеленой кислотности» исчезает вследствие превращения яблочной кислоты в молочную. Тем не менее кислотность вин играет важную роль в предотвращении бактериальных заболеваний, влияет на скорость ферментативных и окислительных процессов, а также стабильность вин.

Прямая связь между титруемой кислотностью и pH отсутствует, однако водородный показатель играет важную роль в процессах формирования и созревания вина, pH исследуемого вина составляет в среднем 2,7–4,3.

В результате исследований образцов вина столового сухого, изготовленного из винограда урожая 2023 г., получены данные по титруемой кислотности и pH до проведения ЯМБ и криостабилизации и после них (табл. 4).

Во всех представленных образцах вина как до ЯМБ и криостабилизации, так и после них уровень pH находился в пределах от 3,52 до 3,82, что позволяет говорить о хорошо сформировавшемся и созревшем вине. Минимальное значение pH (3,52) было у вина, изготовленного из ягод, выращенных в отделе селекции плодовых культур с дрожжами Bourgovin RC 212, до ЯМБ и криостабилизации. Максимальное значение pH (3,82) было в вине из ягод сорта Маршал Фош из ОАО «Остромечево» с дрожжами Bourgovin RC 212 после ЯМБ и криостабилизации.

Максимальная титруемая кислотность была у образца вина из ягод, выращенных в ОАО «Остромечево», с дрожжами Gervin GV-8 до проведения ЯМБ и криостабилизации (9,0 г/дм^3); после

Таблица 4. **Содержание титруемых кислот (в пересчете на винную кислоту) и pH в опытных образцах сухого столового вина из сорта Маршал Фош, 2024 г.**

Дрожжи	Материал емкости для выдержки опытных образцов вина	До ЯМБ и криостабилизации		После ЯМБ и криостабилизации	
		pH	титруемая кислотность, г/дм^3	pH	титруемая кислотность, г/дм^3
Отдел селекции плодовых культур					
VR-21	Стекло	3,55	7,3	3,60	7,0
Bourgovin RC 212	Стекло	3,52	8,2	3,62	7,3
ОАО «Остромечево»					
Bourgovin RC 212	Стекло	3,78	8,1	3,82	8,1
Gervin GV-8	Стекло	3,64	9,0	3,62	8,2
VR-21	Стекло	3,73	8,3	3,78	8,1
VR-21	Нержавеющая сталь	3,74	8,2	3,61	8,1

проведения ЯМБ и криостабилизации титруемая кислотность снизилась до 8,2 г/дм^3, что соответствует требованиям ГОСТ 32030-2021 «Вина. Общие технические условия» [6]. Минимальное значение титруемой кислотности отмечено у вина, изготовленного из сырья, выращенного в отделе селекции плодовых культур, с добавлением дрожжей VR-21 до ЯМБ и криостабилизации (7,3 г/дм^3) и после них (7,0 г/дм^3).

Во всех образцах вина столового сухого содержание сахаров было менее 0,5 г/л, так как вино изготавливали до полного выбраживания сахаров и достижения объемной доли этилового спирта 10–13 % в готовом продукте. Наличие осадка и винного камня в опытных образцах вина не отмечено.

Органолептическую оценку проводили по дегустационной системе, включающей оценку образца вина по 10-балльной шкале и его развернутую описательную характеристику (табл. 5) [16].

Таблица 5. **Критерии органолептической оценки вина**

Показатель качества	Характеристика	Оценка, балл
Прозрачность	Кристально прозрачное вино с блеском	0,5
	Очень прозрачное вино без блеска	0,4
	Чистое с легким опалом	0,3
	Мутное опалесцирующее (оптическая неоднородность)	0,2
	Очень мутное	0,1
Цвет	Полностью соответствует типу и возрасту вина	0,5
	Небольшое отклонение окраски от цвета, присущего типу и возрасту вина	0,4
	Значительное отклонение от нормального цвета	0,3
	Не соответствует типу и возрасту вина	0,2
	Абсолютно нетипичный вид	0,1
Аромат (Букет)	Очень тонкий, развернутый, соответствует типу и возрасту вина	3,0
	Хороший, развернутый, соответствует типу вина, но несколько простой	2,5
	Слаборазвернутый, хоть и соответствует типу вина	2,25
	Не совсем чистый букет	2,0
	Не соответствует типу вина	1,5
	С посторонними запахами	1,0
Вкус	Достаточно гармоничный, тонкий, полностью соответствует типу и возрасту вина	5,0
	Гармоничный, соответствует типу и возрасту вина	4,0
	Достаточно гармоничный, но мало соответствует типу вина	3,5
	Негармоничный, грубый, без посторонних вкусов	3,0
	Простой, с посторонним привкусом	2,5
	Вино с посторонним тоном	2,0
	Вино с плохим вкусом	1,5
Типичность	Соответствует типу	1,0
	Небольшие отклонения от типа	0,75
	Нетипичное вино	0,5
	Абсолютно бесхарактерное вино	0,25

Дегустационную оценку опытных образцов вина, изготовленного из винограда урожая 2023 г., проводили в мае 2024 г., когда они были сформированы и стабилизированы (брожение, тихое брожение, ЯМБ, криостабилизация).

По результатам органолептической оценки все изучаемые опытные образцы столового сухого вина характеризовались высоким качеством, что подтверждено высокими баллами (от 7,9 до 8,8) в зависимости от варианта (табл. 6).

Прозрачность красных вин была в пределах максимальных оценок (0,4–0,5 балла).

Таблица 6. **Органолептические показатели вина столового сухого из винограда урожая 2023 г.**

Наименование винодельческой продукции (сорт и дрожжи)	Оценка по 10-балльной системе, балл					
	прозрачность до 0,5	цвет до 0,5	аромат (букет) до 3,0	вкус до 5,0	типичность (пенистые и игристые свойства) до 1,0	общая оценка
РУП «Институт плодоводства» отдел селекции плодовых культур						
Маршал Фош + VR-21	0,5	0,5	2,4	3,8	1,0	8,2
Маршал Фош + Bourgovin RC 212	0,5	0,5	2,5	4,3	1,0	8,8
ОАО «Остромечево»						
Маршал Фош + Bourgovin RC 212	0,5	0,5	2,4	3,5	1,0	7,9
Маршал Фош + VR-21	0,5	0,5	2,7	4,0	1,0	8,7
Маршал Фош + VR-2*	0,5	0,5	2,6	3,6	1,0	8,2

* Выдержка вина осуществлялась в емкости из нержавеющей стали.

Цвет и прозрачность у всех опытных образцов дегустационная комиссия оценила на максимальные 0,5 балла. Все вина имели окраску от насыщенно-бордового до темно-рубинового цвета, иногда с фиолетовым подтоном, что обычно присуще винам из гибридных форм винограда. Следует отметить, что прозрачность и цвет вина всех опытных вариантов соответствовали требованиям ГОСТ 32030-2021.

Оценка за аромат (букет) вина варьировала от 2,4 (отдел селекции плодовых культур, дрожжи VR-21; ОАО «Остромечево», дрожжи Bourgovin RC 212) до 2,7 балла (ОАО «Остромечево», дрожжи VR-21).

Вкус изучаемого вина столового сухого, изготовленного из сырья отдела селекции плодовых культур с дрожжами Bourgovin RC 212, оценили на 4,3 балла. Самые низкие баллы за вкус получил вариант вина, изготовленный из ягод, собранных в ОАО «Остромечево», с дрожжами Bourgovin RC 212 – 3,5 балла.

У вина из отдела селекции плодовых культур с дрожжами Bourgovin RC 212 во вкусе присутствовали тона вишни и темных ягод, которые оттенялись ярким вкусом и ароматом сливочного йогурта.

Все образцы вина были типичными и по этому показателю получили 1,0 балла.

По комплексу показателей высокой суммой баллов отмечено красное вино, изготовленное из ягод отдела селекции плодовых культур с добавлением дрожжей Bourgovin RC 212 (8,8) и ОАО «Остромечево» с дрожжами VR-21 (8,7).

Следует отметить, что выдержка в емкости из нержавеющей стали несколько снизила общую оценку вина по сравнению со стеклом за счет ухудшения аромата и вкуса.

Дегустационной комиссией было отмечено, что в красных винах недостаточно хорошо раскрылись танинные тона и не ощущалась их полнотельность, однако присутствует гармоничность вкуса и аромата.

ВЫВОДЫ

Содержание нормируемых в соответствии с требованиями ГОСТ ISO 2173-2013 [13] и ГОСТ 31782-2012 [23] химических показателей качества (растворимые сухие вещества, сахара, титруемая кислотность, pH) и степени окрашивания сока в свежих ягодах винограда сорта Маршал Фош, выращенного в отделах технологии плодоводства и селекции плодовых культур

РУП «Институт плодоводства» Минского района, ОАО «Остромечево» Брестского района и филиале «Великая Раёвка» ОАО «Крыница» Копыльского района, варьировали в пределах 21,7–26,3 %; 21,2–25,2 %; 6,8–8,7 %; 2,79–2,87 соответственно.

В целом анализ полученных результатов показал полное соответствие опытных образцов красного вина столового сухого из ягод сорта Маршал Фош требованиям ГОСТ 32030-2021 «Вина. Общие технические условия».

Максимальная титруемая кислотность была у образца вина из ягод, выращенных в ОАО «Остромечево», с дрожжами Gervin GV-8 до проведения ЯМБ и криостабилизации (9,0 г/дм^3), после проведения ЯМБ и криостабилизации титруемая кислотность снизилась до 8,2 г/дм^3.

Во всех представленных образцах вина как до ЯМБ и криостабилизации, так и после них значение pH находилось в пределах от 3,52 до 3,82, а содержание сахаров – менее 0,5 г/л с содержанием этилового спирта 10–13 % в готовом продукте.

По результатам органолептической оценки все изучаемые опытные образцы столового сухого вина из ягод сорта Маршал Фош характеризовались высоким качеством, что подтверждено высокими баллами (от 7,9 до 8,8) и полностью соответствовали требованиям ГОСТ 32030-2021 «Вина. Общие технические условия».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Муслимова, М. М. Мировой опыт развития виноградарства / М. М. Муслимова // Академическая публицистика. – 2020. – № 4. – С. 106–112.

2. Страчкова, Н. В. Современные особенности развития мирового рынка виноделия / Н. В. Страчкова, А. Ю. Попова // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2016. – Т. 2 (12). – Вып. 1. – С. 44–48.

3. Кларк, О. Лучшие вина и виноградники мира: полное руководство для ценителей : для возрастной категории 18+ / О. Кларк, М. Ранд ; пер. с англ. Н. М. Гончаровой. – М. : АСТ, 2016. – 311 с.

4. Новые сорта винограда для производства высококачественных вин / Г. Е. Никулушкина, А. В. Дергунов, С. В. Щербаков [и др.] // Обеспечение устойчивого производства виноградовинодельческой отрасли на основе современных достижений науки : сб. тр. междунар. дистанц. науч.-практ. конф., посвящ. 125-летию проф. А. С. Мержаниана, 1–31 марта 2010 г. / Рос. акад. с.-х. наук, Анап. зон. опыт. ст. виноградарства и виноделия, Сев.-Кавк. зон. науч.-исслед. ин-т садоводства и виноградарства ; отв. ред. А. А. Лукьянова. – Анапа, 2010. – С. 128–133.

5. Дергунов, А. В. Качественная характеристика вин из новых высокоадаптивных сортов винограда Анапской ампелографической коллекции / А. В. Дергунов, О. М. Ильяшенко, М. И. Панкин // Сборник научных трудов SWorld. – 2011. – Т. 4. – № 1. – С. 59–63.

6. Вина. Общие технические условия : ГОСТ 32030-2021. – Взамен ГОСТ 32030-2013 ; введ. 01.01.2022. – М. : Рос. ин-т стандартизации, 2021. – II [3], 9 с.

7. Лойко, Р. Э. Северный виноград / Р. Э. Лойко. – М. : Изд. дом МСП, 2003. – 256 с.

8. Лойко, Р. Э. Виноград (*Vitis* L.), абрикос (*Armeniaca* Scop.), орех грецкий (*Juglans regia* L.) в Беларуси : дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.05 / Лойко Ромуальд Эдуардович. – Самохваловичи, 1998. – 305 л.

9. Самусь, В. А. Пинскому опорному пункту – 50 лет / В. А. Самусь, Р. Э. Лойко // Теплолюбивые культуры (виноград, орех грецкий, абрикос, персик и др.) в северных районах садоводства : материалы междунар. науч. совещ., г. Пинск, 3–5 сент. 1998 г. / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Акад. аграр. наук Респ. Беларусь, Белорус. науч.-исслед. ин-т плодоводства ; гл. ред. В. А. Самусь. – Самохваловичи, 1998. – С. 3–4.

10. Оценка сортов винограда на пригодность к изготовлению сока прямого отжима / Г. А. Новик, М. Г. Максименко, О. С. Караник [и др.] // Плодоводство Беларуси: от традиций к инновациям : материалы Междунар. науч. конф., аг. Самохваловичи, 18–19 авг. 2022 г. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – С. 129–133.

11. Качественная оценка сортов винограда, выращенных в условиях Беларуси, на пригодность ягод к замораживанию / М. Г. Максименко, О. С. Караник, А. М. Криворот [и др.] // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – Т. 34. – С. 173–177.

12. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: Е. Н. Джигадло [и др.] ; под общ. ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. – Орёл : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.

13. Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ : ГОСТ ISO 2173-2013. – Взамен ГОСТ 28562-90 ; введ. 01.07.2015. – М. : Стандартинформ, 2014, 2019. – IV, 7 с.

14. Методы технохимического контроля в виноделии / под ред. д-ра техн. наук, проф. В. Г. Гержиковой. – 2-е изд. – Симферополь : Таврида, 2009. – 304 с.

15. Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности : ГОСТ ISO 750-2013. – Взамен ГОСТ 25555.0-82 ; введ. 01.07.2015. – М. : Стандартинформ, 2018, 2019. – II, 5 с.

16. Валуйко, Г. Г. Технологія вина / Г. Г. Валуйко, В. А. Домарецкий, В. О. Загоруйко. – Київ : Центр навч. літ., 2003. – 592 с.

17. Производство вина по красному способу – современные принципы производства вина. – URL: https://vinograd.info/knigi/teoriya-i-praktika-vinodeliya/proizvodstvo-vina-po-krasnomu-sposobu-26.html (дата обращения: 10.05.2023).

18. Дергунов, А. В. Оптимизация технологических и агроэкологических параметров производства высококачественной продукции / А. В. Дергунов, Н. Н. Перов // Организационно-экономический механизм инновационного процесса и приоритетные проблемы научного обеспечения развития отрасли : материалы науч.-практ. конф. (3–4 февр. 2003 г.) / отв. ред. Э. В. Макарова. – Краснодар, 2003. – С. 487–495.

19. Лежерон, И. Натуральное вино: органические и биодинамические вина, которые производятся натуральным методом : пер. с англ. / И. Лежерон ; пер. Н. Гончарова. – London ; New York : CICO Books, 2018. – 224 с.

20. Методическое и аналитическое обеспечение организации и проведения исследований по технологии производства винограда / под ред. К. А. Серпуховитиной. – Краснодар : ГНУ СКЗНИИСиВ, 2010. – 182 с.

21. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учебник / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

22. Сравнительный анализ физико-химических свойств сортовых красных вин, исследованных разными методами / О. Н. Шелудько, Н. К. Стрижов, Е. С. Косарев [и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. – 2021. – № 2–3. – С. 88–92.

23. Виноград свежий машинной и ручной уборки для промышленной переработки. Технические условия : ГОСТ 31782-2012. – Введ. 01.01.2014. – М. : Стандартинформ, 2014. – II, 5 с.

EVALUATION OF THE SUITABILITY OF THE TECHNICAL GRAPE CULTIVAR MARECHAL FOCH GROWN IN BELARUS FOR THE PRODUCTION OF DRY TABLE WINE

G. A. NOVIK, A. M. KRIVOROT, O. S. KARANIK, D. I. MARCINKEVICH, M. G. MAKSIMENKO

Abstract

This article presents the results of a two-year study assessing the suitability of the technical grape cultivar ‘Marechal Foch’, grown in various terroirs (Fruit Crop Breeding and Fruit Growing Technology Departments of the RUE ‘Institute of Fruit Growing’ (Minsk District, Minsk Region); OJSC ‘Ostromechevo’ (Brest District, Brest Region); and the ‘Velikaya Rayevka’ branch of OJSC ‘Krynitsa’ (Kopyl District, Minsk Region)), for the production of red dry table wine.

In the studied fresh grape samples, the content of soluble solids, sugars, and titratable acids ranged from 21.7–26.3 %, 21.2–25.2 %, and 6.8–8.7 %, respectively, with pH values between 2.79 and 2.87.

In all wine samples – both before and after malolactic fermentation and cryostabilization – the pH ranged from 3.52 to 3.82, sugar content was below 0.5 g/L, and ethanol content in the final product was 10–13 %. The average sensory evaluation scores of the red dry table wine samples ranged from 7.9 to 8.8 points, and all samples fully complied with the requirements of GOST 32030-2021 ‘Wines. General Technical Specifications’.

Keywords: grape, cultivar, wine, chemical composition, taste, sensory evaluation, malolactic fermentation, Belarus.

Поступила в редакцию 11.03.2025

Раздел 4

МЕТОДИКИ, РЕКОМЕНДАЦИИ, ТЕХНОЛОГИИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕГЛАМЕНТЫ

УДК 634.737:631.5(083.74)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ*

Н. Б. ПАВЛОВСКИЙ

ГНУ «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси», ул. Сурганова, 2в, г. Минск, 220012, Беларусь, e-mail: pavlovskiy@tut.by

АННОТАЦИЯ

На основании результатов научных исследований, обзора литературных источников, анализа производственного опыта создания и содержания насаждений голубики в отраслевой лаборатории Центрального ботанического сада НАН Беларуси и специализированных хозяйствах республики на базе использования отечественных средств механизации, а также основываясь на агробиологические особенности данной культуры, применительно к природно-экономическим условиям республики, актуализирован отраслевой технологический регламент возделывания голубики высокорослой, включающий выбор земельного участка и организацию территории, подготовку почвенного субстрата, требования к саженцам и их посадке, содержание почвы в прикустовой полосе и междурядьях, обрезку и орошение растений, уборку и хранение плодов.

Ключевые слова: Vaccinium corymbosum, голубика высокорослая, закладка насаждений, агротехнические приемы возделывания, районированные сорта, средства защиты растений, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в Беларуси наблюдается значительный рост популярности голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.), площадь которой под промышленными посадками в 2024 г. составляет около 2000 га. При создании благоприятных экологических условий для роста и развития, срок эксплуатации промышленных насаждений данной культуры составляет 50 лет и более [1].

Важнейшей предпосылкой, способствующей динамичному развитию производства голубики в республике, является разработка научно обоснованной технологии возделывания, направленной на реализацию биологического потенциала возделываемой культуры в экологических условиях региона интродукции.

Технология закладки и содержания насаждений голубики высокорослой представлена достаточно детально в работах зарубежных исследователей R. E. Gough [2], J. B. Retamales, J. F. Hancock [3], K. Demchak et al. [4], D. L. Barney [5] для условий США, K. Smolarz [1], K. Pliszka et al. [6] – Польши, D. Prodorutti et al. [7] – Италии, L. Schrijnwerkers [8] – Нидерландов. Изложенная в этих работах информация представляет большое практическое значение, тем не менее экстраполиро-

* Статья содержит информацию из нормативного документа «Отраслевой регламент создания и возделывания насаждений голубики высокорослой», рекомендованного к публикации научно-техническим советом секции растениеводства Главного управления растениеводства Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, протокол от 21.10.2024 № 9.

вать без апробации технологию возделывания растений в регионы с отличающимися экологическими и технологическими условиями некорректно.

Для условий Беларуси отраслевой технологический регламент (технология) возделывания голубики высокорослой впервые был разработан в рамках Государственной целевой программы развития плодоводства на 2004–2010 гг. [9]. За прошедшее время в Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь, включен ряд новых пестицидов, расширен сортимент голубики, появились современные средства механизации, накоплен значительный практический опыт возделывания культуры в разных регионах республики, что обуславливает обновление вышеупомянутого нормативно-правового акта.

Основываясь на результатах исследований, выполненных в отраслевой лаборатории интродукции и технологии нетрадиционных ягодных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси [10–16], анализе производственного опыта создания и содержания насаждений голубики в специализированных хозяйствах республики на базе использования отечественных средств механизации, обзоре литературных источников, а также с учетом агробиологических особенностей данной культуры выполнена актуализация технологического регламента возделывания голубики высокорослой.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. Выбор участка

1.1. Лучший рельеф для закладки насаждений голубики высокорослой – пологие склоны до 5° с хорошим воздухообменом.

1.2. Участок должен располагаться на прогреваемом и освещенном месте, недалеко от источника воды. Уровень грунтовых вод – не выше 30 см.

1.3. Не следует размещать насаждения голубики на участках с наличием замкнутых понижений, микро- и макрозападин, ложбин, где может скапливаться холодный воздух и имеется предрасположенность к накапливанию и застою поверхностных вод.

2. Требования к почвам

2.1. Под закладку насаждений голубики пригодны легкие, хорошо аэрируемые почвы.

2.2. Не рекомендуются для посадки голубики тяжелые глинистые и суглинистые почвы вследствие низкой водо- и воздухопроницаемости, а также старые пахотные земли.

2.3. Оптимальные агрохимические показатели почв: $pH_{(H_2O)}$ – 4,0–5,0 ($pH_{(KCl)}$ 3,5–4,0); содержание гумуса – не менее 3 %, подвижного фосфора – 120–200 мг/кг почвы, подвижного калия – 100–150 мг/кг почвы.

2.4. Перед закладкой насаждений голубики проводится обследование почвы с целью оценки уровня ее зараженности личинками жуков-щелкунов и хрущей [17].

3. Подготовка почвы

3.1. На участках естественных болот удаляют мелколесье, кустарники, пни. Вспашку проводят с оборотом пласта на глубину 40 см и трехкратно дискуют. Используют корчеватели ПД-2; ПД-3; КПБ-2; болотные плуги ПБН-3-50А; бороны дисковые БДМК-3×4П; БДМК-4×4П; БДМК-6×4П.

3.2. На минеральных почвах проводят предпосадочную вспашку на глубину 20–22 см. Используют плуг трехкорпусный навесной ПЛП-3,35; Б-2; Л-108.

3.3. Для уничтожения корневищных сорняков применяют гербициды сплошного действия. Норма расхода зависит от вида сорного растения и препарата.

3.4. После внесения гербицида через 14–21 день проводят культивацию в два следа культиваторами КН-1,8 (4,2), вспашку, затем почву выравнивают агрегатами АКШ-3,6; АКШ-7,0.

3.5. На минеральных почвах с содержанием гумуса менее 3 % нарезают борозды плугом ПКЛ-70. В борозды рядов вносят органический субстрат (верховой торф, опилки, перегной, из-

мельченную кору, щепу) – 330 м^3/га. При использовании неразложившихся опилок вносят сульфат аммония – 0,25 кг д. в./м^2.

3.6. Органический субстрат вносят разбрасывателем ОВМ-10 и смешивают с почвой двух- или трехкратным проходом бороной дисковой БДН-160 VK.

3.7. На участках с уровнем грунтовых вод выше 30 см под будущие ряды нарезают гребни высотой 20–25 см, шириной 1,2–1,5 м. Используют плуги ПЛП-3,35; Б-2; Л-108.

3.8. При pH почвы ниже 3,5 проводят известкование (вносят известь или доломитовую муку). При $pH_{(H_2O)}$ выше 5,1 для снижения кислотности почвы до $pH_{(H_2O)}$ 4,5 используют серу, дозы внесения серы приведены в табл. 1 [2]. После внесения серы голубику следует высаживать не ранее чем через 6 месяцев.

3.9. Требования к выполнению технологических операций при подготовке почвы и методы оценки качества работ приведены в Приложении 1 сборника отраслевых регламентов [9].

Таблица 1. **Дозы внесения серы для доведения $pH_{(H_2O)}$ почвы до 4,5, кг/га**

Реакция pH почвы	Гранулометрический состав почвы	
	песчаная	суглинистая
7,5	1045	3080
7,0	825	2640
6,5	660	2090
6,0	550	1650
5,5	385	1100
5,1	162	550

4. Организация территории

4.1. Перед закладкой насаждений голубики высокорослой участки разбивают на кварталы. При наличии склонов кварталы располагают длинной стороной поперек склона во избежание эрозии почвы.

4.2. Кварталы разделяют ветроломными насаждениями, вдоль которых отбивают межквартальные дороги шириной 4 м.

4.3. Внутри кварталов вдоль длинной стороны намечают линии будущих рядов посадок согласно выбранной схеме. В кварталах высаживают сорта одного срока созревания.

4.4. Расстояние от ветроломной линии до насаждений голубики высокорослой по торцевым сторонам квартала (8 м) используют как разворотную полосу.

5. Требования к посадочному материалу

5.1. Для посадки используют сорта, включенные в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений, допущенных для производства, реализации и использования на территории Республики Беларусь (табл. 2) [18, 19].

Таблица 2. **Хозяйственно-биологическая характеристика районированных сортов голубики высокорослой и полувысокорослой**

Сорт	Срок созревания	Урожайность, кг/раст.	Масса ягоды, г	Область допуска*
Голубика высокорослая				
Bluecrop	Средний	2,3	2,2	Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг
Bluegold	Средний	3,0	2,0	Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг
Bluejay	Среднеранний	2,3	1,5	Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг
Bluetta	Ранний	2,5	1,6	Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг
Collins	Среднеранний	2,0	1,7	Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг
Denise Blue	Средний	3,3	2,1	Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг
Duke	Ранний	2,3	2,1	Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг
Earliblue	Ранний	2,1	1,6	Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг
Hardyblue	Средний	1,8	1,4	Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг

Окончание таблицы 2

Сорт	Срок созревания	Урожайность, кг/раст.	Масса ягоды, г	Область допуска*
Elizabeth	Поздний	2,4	2,1	Бр, Гм, Гр, Мн
Elliott	Поздний	2,2	1,9	Бр, Гм, Гр, Мн, Мг
Jersey	Среднепоздний	2,8	1,4	Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг
Patriot	Ранний	3,4	2,2	Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг
Spartan	Ранний	2,4	2,3	Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг
Sunrise	Средний	3,1	2,1	Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг
Weymouth	Ранний	5,1	1,5	Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг
Голубика полувысокорослая				
Northblue	Ранний	3,3	1,9	Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг
Northcountry	Ранний	3,3	0,7	Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг
Northland	Среднеранний	2,6	1,3	Бр, Вт, Гм, Гр, Мн, Мг

* Условные обозначения областей Беларуси: Бр – Брестская; Вт – Витебская; Гм – Гомельская; Гр – Гродненская; Мн – Минская; Мг – Могилевская.

5.2. Посадочный материал должен соответствовать требованиям постановления Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 29.10.2015 № 37 «Об установлении требований к сортовым и посевным качествам семян сельскохозяйственных растений» (табл. 3) [20].

Таблица 3. **Требования к посадочному материалу голубики высокорослой**

Показатель	Возраст саженцев, лет		
	1	2	3
Высота надземной части, см	10 и более	25 и более	35 и более
Число побегов, шт.	1 и более	2 и более	3 и более
Длина корневого пучка, см	5	10	15
Диаметр, высота кома корней, см	5	10	15
Наличие саженцев с отклонением значений, %	5,0	5,0	5,0
Сортовая чистота, %	100	100	100

5.3. Саженцы голубики должны быть свободными от вредителей и без видимых признаков болезней.

5.4. Для получения стабильного урожая ягод и продления срока поставки ягодной продукции на реализацию следует высаживать сорта разных сроков созревания. Рекомендуемая структура насаждений голубики: раннеспелые – 30 %, среднеспелые – 50 %, позднеспелые – 20 %.

6. Посадка

6.1. Оптимальный срок посадки голубики:

с открытой корневой системой – весной до распускания почек или осенью после окончания вегетации;

с закрытой корневой системой (в контейнерах) – весь вегетационный период.

6.2. При внесении серы или извести посадку саженцев проводят не ранее чем через 6 месяцев.

6.3. Требования при посадке саженцев:

саженцы в контейнерах погружают в емкость с водой до полного насыщения корневого кома влагой;

освобождают растения от контейнера;

расправляют корни в стороны;

корневую шейку заглубляют в почву на 3 см;

почву вокруг саженца уплотняют и обильно поливают.

6.4. Расстояние между рядами – 3,0–4,0 м, между растениями:

для раннеспелых сортов – 1,0 м;

для среднеспелых – 1,3 м;

для позднеспелых – 1,5 м.

6.5. В приствольной полосе проводят мульчирование почвы слоем 10 см на ширину 0,8–1,0 м. В качестве мульчирующего материала используют полипропиленовую агроткань, торф, древесные опилки, щепу, стружку, измельченные кору, листву, солому, сено.

6.6. При закладке плантации страховой фонд должен составлять 10 % от требуемого количества саженцев.

6.7. После закладки насаждений голубики высокорослой составляют акт о приеме посадок и вводе их в эксплуатацию.

6.8. Требования к выполнению технологических операций при посадке и методы оценки качества работ приведены в Приложении 1 сборника отраслевых регламентов [9].

7. Уход за почвой

7.1. Система содержания почвы в междурядьях включает наличие естественного залужения или искусственного газона, черный или гербицидный пар.

7.2. При создании газона в междурядьях после посадки голубики почву выравнивают культиватором.

7.3. При создании искусственного газона после культивации высевают травосмесь: овсяница луговая – 50 %, райграс многолетний – 30 %, овсяница красная – 20 %.

7.4. За вегетационный сезон травостой высотой 20–30 см подкашивают 5–6 раз. Используют косилки-измельчители КРС-1,5; КРС-1,7; R-160. Скошенную и измельченную траву оставляют на месте в качестве мульчи.

7.5. Почву в рядах содержат в чистом от сорняков состоянии путем мульчирования, механического удаления или применения гербицидов. Для внесения гербицида в приствольную полосу используют опрыскиватель ОНГ-2.

7.6. В качестве мульчирующих материалов используют органические и неорганические материалы: древесные опилки, стружку, щепу, кору, листья, торф, шелуху гречки, измельченную солому, сено. Органический мульчирующий материал вносят в приствольные полосы на ширину до 1,5 м и толщиной 10–15 см. Поверхность мульчирующего слоя должна быть плоской. По мере разложения мульчирующего материала проводят повторное мульчирование слоем 5–10 см. Используют ОВМ-10.

8. Защита от болезней, вредителей и птиц

8.1. Наличие в посадках голубики болезней устанавливают путем периодических обследований и учетов для проведения защитных мероприятий.

8.2. Посадкам голубики значительный вред наносят:

болезни – ожог побегов (рак стеблей) (*Godronia cassandrae* Peck.), фомопсисное увядание побегов (*Diaporthe* sp.), монилиоз (*Monilinia oxycocci* (Woronin) Honey), (*Monilinia vaccinii-corymbosi* (Reade) Honey), антракноз (*Colletotrichum* sp.), серая гниль (*Botrytis cinerea* Pers.);

вредители – имаго и личинки тли: голубичной (*Aphis vaccinii* (Born.), бобовой (*Aphis fabae* Scop.), личинки голубичной листовой галлицы (*Dasineura vaccini* Smith.), личинки (гусеницы) листоверток и пядениц: черноголовой брусничной листовертки (*Rhopobota naevana* Hubn.), пяденицы зимней (*Operophthera brumata* L.), личинки ложнощитовки акациевой (*Parthenolecanium corni* Bouche), личинки майского жука (*Melolontha melolontha* L.).

8.3. Против серой гнили плодов в начале цветения проводят профилактическую обработку фунгицидами. При наличии в насаждениях голубики признаков болезней и вредителей применяют препараты, указанные в табл. 4 [21–24].

8.4. Используют опрыскиватели ОПВ-2000; Зубр ПВ.

8.5. Для защиты плодов от птиц над кустами натягивают сетки, используют помповые ружья, чучела хищных птиц, звуковые установки. Для защиты от зайцев применяют ограждение плантации металлической сеткой высотой 1,5–2,0 м.

8.6. Требования к выполнению технологических операций при обработке против болезней и методы оценки качества работ приведены в Приложении 1 сборника отраслевых регламентов [9].

Таблица 4. **Препараты для защиты голубики от болезней и вредителей**

Торговое название, препаративная форма, действующее вещество	Норма расхода препарата, л/га, кг/га	Вредный организм	Способ, время обработки	Кратность обработок, срок последней обработки (в днях до сбора урожая)
Фунгициды				
Азофос, КС, 50 % (аммоний-медь-фосфат/АМФ)	5,0	Фомопсисное увядание, рак стеблей	Опрыскивание в период вегетации	2/74
Арфа, КС (боскалид, 250 г/кг + + дифеноконазол, 50 г/л)	0,8–1,0	Антракноз, пятнистости листьев	Опрыскивание в период вегетации	2/50
Беллис, ВДГ (пираклостробин, 128 г/кг + боскалид, 252 г/кг)	0,8	Антракноз, фомопсисное увядание, рак стеблей	Опрыскивание в период вегетации	2/3
		Гнили ягод	Опрыскивание в период созревания ягод	1/3
Делан Фло, КС (дитианон, 500 г/л)	0,5–0,7	Антракноз, серая гниль, фомопсисное увядание стеблей, рак стебля	Опрыскивание в период вегетации	3/20
Диккарт, КС (крезоксим-метил, 125 г/л + пириметанил, 475 г/л)	0,6–0,8	Антракноз, пятнистости листьев	Опрыскивание в период вегетации	2/50
Луна экспириенс, КС (флуопирам, 200 г/л + тебуконазол, 200 г/л)	0,5–0,6	Рак стеблей	Опрыскивание в период вегетации	2/20
	0,6	Фомопсисное увядание		
Миравис Прайм, СК (пидифлуметофен, 150 г/л + флудиоксонил, 250 г/л)	0,75–1,0	Пятнистости листьев, серая гниль ягод	Опрыскивание в фазу цветения	1/42
	0,5		Опрыскивание по завязям	
Раёк, КЭ, 250 г/л (дифеноконазол, 250 г/л)	0,2	Фомопсисное увядание, рак стеблей	Опрыскивание в период вегетации	2/20
Свитч, ВДГ (флудиоксонил, 250 г/кг + ципродинил, 375 г/кг	1,0	Гнили ягод	Опрыскивание в период вегетации	1/7
Серкадис плюс, КС (флуксапироксад, 75 г/л + дифеноконазол, 50 г/л)	0,6–1,0	Антракноз, фомопсисное увядание, рак стеблей, пятнистости листьев	Опрыскивание до начала образования ягод	2/30
			Опрыскивание после сбора урожая	1
Скор, КЭ (дифеноконазол, 250 г/л)	0,2	Фомопсисное увядание, рак стеблей	Опрыскивание в период вегетации	1/35
Трайдекс (Пеннкоцеб), ВДГ (манкоцеб, 750 г/кг)	2,0	Фомопсисное увядание, рак стеблей	Опрыскивание в период вегетации	1/35
Инсектициды				
Фуфанон, КЭ (малатион, 570 г/л)	1,0	Листогрызущие, гусеницы	Опрыскивание в период вегетации	2/35

9. Внесение удобрений

9.1. В первый год посадки минеральные удобрения вносят в приствольные круги, соответствующие проекции кроны голубики. На второй и последующие годы – в приствольные полосы на ширину, соответствующую диаметру кроны растений. Для внесения удобрений используют разбрасыватель типа РУ.

9.2. Дозы внесения минеральных удобрений в посадках голубики: азотные – 60 кг д. в./га, фосфорные – 60 кг д. в./га, калийные – 60 кг д. в./га.

Вносят в подкормки:

2/3 дозы – ранней весной перед началом роста;

1/3 дозы – в I декаде июня.

9.3. При использовании в качестве мульчи свежих опилок дозу азотных удобрений увеличивают в 2 раза.

9.4. Лучшие формы минеральных удобрений – сульфат аммония, сульфат калия, магний сернокислый, сульфат цинка и суперфосфат. Калийные удобрения с содержанием хлора применять не рекомендуется.

9.5. Дозы внесения азотных удобрений корректируют на основании листовой диагностики, фосфорных и калийных – на основании листовой и почвенной диагностики.

Расчет внесения минеральных удобрений на основании листовой и почвенной диагностики приведен в Приложении 2 сборника отраслевых регламентов [9].

9.6. Требования к выполнению технологических операций при внесении удобрений и методы оценки качества работ приведены в Приложении 1 сборника отраслевых регламентов [9].

10. Орошение

10.1. Оптимальный водно-воздушный режим почвы в корнеобитаемом слое формируется при уровне грунтовых вод 40–50 см.

10.2. Голубика наиболее требовательна к поливу в период созревания текущего урожая и закладки цветковых почек урожая следующего года – II декада июля – II декада сентября.

10.3. Полив голубики начинают при влажности корнеобитаемого слоя почвы ниже 65 % полной влагоемкости. Способы полива: капельный или дождевание. Расход воды – 300–400 м^3/га.

10.4. Для защиты растений голубики от весенних заморозков во время цветения применяют надкронное дождевание. Повреждение бутонов наступает при температуре минус 5 °С, цветков – минус 3 °С, завязей – минус 4 °С. Режим надкронного дождевания приведен в табл. 5 [2].

Таблица 5. **Режим надкронного дождевания для защиты голубики от заморозков**

Температура воздуха, °С	Скорость ветра, м/с			
	0–3	5–10	13–20	выше 22
	Расход воды, мм/ч			
–3	2	2	4	5
–4	2	4	8	10
–6	3	6	13	15
–7	4	8	15	20
–8	5	10	18	25
–9	7	13	23	34

11. Формирование и обрезка растений

11.1. Формирование растений начинают сразу после посадки: удаляют поломанные и слабые ветви, обрезают у основания куста мелкие приросты.

11.2. Ежегодно проводят формирующую и санитарную обрезку – вырезают сухие, пораженные болезнями и поврежденные вредителями, перекрестно расположенные ветви.

11.3. Омолаживающую обрезку кустов голубики начинают с 8-летнего возраста: ветви старше восьми лет удаляют, часть однолетних побегов срезают на уровне почвы без оставления пеньков. При прореживании кустов оставляют 4–5 крепких и длинных побегов прироста прошлого года.

11.4. Обрезку голубики проводят осенью после опадания листьев или в декабре – марте до распускания почек. Используют секатор или садовые пилы. Инструмент после каждого среза пораженных ветвей рекомендуется обработать в дезинфицирующем растворе. Срезанные ветви удаляют с насаждений и сжигают.

12. Уборка урожая

12.1. Период созревания ягод – от 20 дней до 1,5 месяцев. Сбор урожая проводят в несколько сроков с интервалом 5–7 дней.

12.2. Тара для сбора и реализации – пластиковые контейнеры, коробки из бумажной массы, ящики.

12.3. Два первых сбора проводят вручную, когда не все ягоды на растении созрели.

12.4. Механизированную уборку проводят вибратором, прицепным или самоходным комбайном (A&B, Korwan, ORO, OTR, Oxbo). Ягоды очищают и сортируют на сортировочной линии.

13. Хранение ягод

13.1. Ягоды после сбора охлаждают до температуры +5 °С.

13.2. Срок хранения ягод раннеспелых сортов – 10 суток, позднеспелых – 20 суток.

13.3. Режим хранения: температура – +1…+5 °С, относительная влажность воздуха – 85–95 %.

14. Экономическая эффективность возделывания голубики

14.1. Срок эксплуатации промышленных насаждений голубики высокорослой – 50 лет и более при условии проведения омолаживающей обрезки.

14.2. По истечении срока эксплуатации насаждения раскорчевывают и списывают по акту.

Показатели экономической эффективности производства голубики высокорослой приведены в табл. 6 [25].

Таблица 6. **Показатели экономической эффективности создания насаждений голубики высокорослой и ее возделывания на площади 10 га на минеральной почве при схеме посадки 3 × 1 м (в ценах на 01.03.2023)**

№ п/п	Показатель	Закладка насаждений	Год возделывания						Всего
			1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	
1	Капитальные затраты, тыс. бел. руб.: приобретение сельскохозяйственной техники строительство забора обустройство орошения	202,3 95,7 39,0 67,6	–	–	–	–	–	–	202,3 95,7 39,0 67,6
2	Подготовка почвы, закладка и возделывание насаждений, тыс. бел. руб.: посадочный материал материалы (торф, опилки) горюче-смазочные материалы сельскохозяйственный инвентарь	328,7 215,6 110,8 2,3 –	36,8 – 34,6 1,0 1,2	20,2 – 16,7 1,0 2,5	32,8 – 30,1 1,2 1,5	35,3 – 33,9 1,4 –	38,3 – 36,7 1,6 –	31,5 – 27,0 1,5 3,0	523,6 215,6 289,8 10,0 8,2
3	Итого капитальных и текущих затрат, тыс. бел. руб.	531,0	36,8	20,2	32,8	35,3	38,3	31,5	725,9
4	Оплата труда, тыс. бел. руб.	18,0	20,2	22,8	31,8	48,6	56,0	61,8	259,2
5	Отчисления с фонда оплаты труда, тыс. бел. руб.	6,2	7,0	7,9	11,0	16,8	19,4	21,4	89,7
6	Амортизация основных средств и налог на имущество, тыс. бел. руб.	–	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	19,2
7	Прочие расходы: сертификация, маркетинг, тыс. бел. руб.	–	–	–	2,0	3,0	5,0	5,0	15,0
8	Себестоимость, тыс. бел. руб.	555,2	67,2	54,1	80,8	106,9	121,9	122,9	1109,0
9	Себестоимость с нарастающим итогом, тыс. бел. руб.	555,2	622,4	676,5	757,3	864,2	986,1	1109,0	×
10	Урожайность, т/га	–	–	–	2,3	4,6	8,2	8,2	×
11	Объем производства, т	–	–	–	23,0	46,0	82,0	82,0	233,0
12	Отпускная цена ягод с НДС, бел. руб./кг	7,50							×
13	Выручка, тыс. бел. руб.	–	–	–	172,5	345,0	615,0	615,0	1747,5
14	Выручка с нарастающим итогом, тыс. бел. руб.	–	–	–	172,5	517,5	1132,5	1747,5	×
15	Налоги и отчисления из прибыли, тыс. бел. руб.	–	–	–	19,0	48,3	99,3	99,1	265,7
16	Прибыль (убыток) за год, тыс. бел. руб.	–555,2	–67,2	–54,1	72,7	189,8	393,8	393,0	372,8
17	Прибыль (убыток) нарастающим итогом, тыс. бел. руб.	–555,2	–622,4	–676,5	–603,8	–414,0	–20,2	372,8	×
18	Рентабельность за год, %	–	–	–	90,2	177,6	323,3	319,8	×
19	Рентабельность нарастающим итогом,%	–	–	–	–79,7	0,0	–2,0	33,6	×
20	Срок окупаемости	5 лет 7 месяцев							
21	Срок окупаемости после вступления в товарное плодоношение	1 год 7 месяцев							

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов выполненных исследований, обзора литературных источников, анализа производственного опыта возделывания голубики на базе использования отечественных средств механизации, отражающих достижения научно-технического прогресса в области современного плодоводства, а также основываясь на эколого-биологических особенностях голубики высокорослой актуализированы основные требования к рациональному выполнению типовых технологических процессов и операций при создании насаждений этой культуры и ее возделывании, включающие: выбор земельного участка, подготовку почвенного субстрата, организацию территории, требования к саженцам и их посадке, содержание почвы в прикустовой полосе и междурядьях, обрезку и орошение растений, уборку и хранение плодов.

Соблюдение технологических требований к процессам возделывания голубики высокорослой и использование районированных в Беларуси сортов этой культуры обеспечивает стабильное получение ягодной продукции 7–10 т/га, окупаемость инвестиций в создание и содержание насаждений голубики на 6-й год выращивания – при втором товарном плодоношении, с ежегодной рентабельностью 319,8 %, а также срок эксплуатации насаждений более 50 лет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Smolarz, K. Borówka i żurawina – zasady racjonalnej produkcji / K. Smolarz. – Warszawa : Hortpress Sp. z o.o., 2009. – 255 s.

2. Gough, R. E. The highbush blueberry and its management / R. E. Gough. – New York ; London ; Norwood : Food Products Press an Imprint of the Haworth Press, 1994. – 262 p.

3. Retamales, J. B. Blueberries / J. B. Retamales, J. F. Hancock. – Wallingford : CABI, 2012. – 323 p. – (Crop production science in horticulture series ; no. 21).

4. Blueberries // The mid-atlantic berry guide for commercial growers 2013–2014 / K. Demchak, T. Elkner, C. Esslinger [et al.] ; Pennsylvania State Univ., Rutgers Univ., Univ. of Delaware [et al.]. – [s. l.], 2013. – P. 115–169.

5. Barney, D. L. Growing blueberries in the Inland Northwest & Intermountain West / D. L. Barney. – Idaho : Univ. of Idaho, 1999. – 17 p. – (Bulletin / Univ. of Idaho, College of Agriculture ; no. 815).

6. Borówka wysoka : pr. zbior. / K. Pliszka [et al.] ; pod red. K. Pliszki. – Warszawa : Panstwowe Wydawnictwo Rolnicze i Lesne, 2002. – 156 s.

7. Highbush blueberry: cultivation, protection, breeding and biotechnology / D. Prodorutti, I. Pertot, L. Giongo, C. Gessler // The European Journal of Plant Science and Biotechnology. – 2007. – Vol. 1, № 1. – P. 44–56.

8. Schrijnwerkers, L. Przyszłość uprawy borówki / L. Schrijnwerkers // Nowoczesna uprawa borowki: NowaEra : konf. borówkowa 2022 / Hortus Media. – Kraków, 2022. – S. 101–110.

9. Возделывание голубики высокорослой. Типовые технологические процессы = Вырошчванне буякоў высокарослых. Тыпавыя тэхналагічныя працэсы : отраслевой регламент : введ. с 01.02.2010 / разраб. Н. Б. Павловский // Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посадочного материала : сб. отраслевых регламентов / НАН Беларуси, Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси ; рук. разраб.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2010. – С. 375–393.

10. Павловский, Н. Б. Влияние толщины слоя мульчи на засоренность голубики высокой, влажность и температурный режим почвы в зоне ризогенеза / Н. Б. Павловский, Т. И. Ленковец // Земляробства і ахова раслін. – 2010. – № 4 (71). – С. 74–77.

11. Павловский, Н. Б. Сохраняемость плодов разных сортов и видов голубики, интродуцированных в Беларуси / Н. Б. Павловский // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. – 2011. – № 4. – С. 15–19.

12. Павловский, Н. Б. Защита насаждений голубики высокорослой от сорной растительности / Н. Б. Павловский // Состояние и перспективы защиты растений : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 45-летию со дня организации РУП «Институт защиты растений», Минск – Прилуки, 17–19 мая 2016 г. / НПЦ НАН Беларуси по земледелию, Ин-т защиты растений ; редкол.: Л. И. Трепашко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – С. 169–171.

13. Павловский, Н. Б. Содержание почвы в насаждениях голубики высокорослой / Н. Б. Павловский // Земледелие и защита растений. – 2016. – № 5 (108). – С. 45–46.

14. Павловский, Н. Б. Орошение насаждений голубики высокорослой / Н. Б. Павловский // Земледелие и защита растений. – 2019. – № 4 (125). – С. 30–33.

15. Павловский, Н. Б. Особенности обрезки голубики высокорослой / Н. Б. Павловский // Земледелие и растениеводство. – 2022. – № 3 (142). – С. 53–56.

16. Павловский, Н. Б. Мульчирование насаждений голубики высокорослой / Н. Б. Павловский // Земледелие и растениеводство. – 2023. – № 1 (146). – С. 53–56.

17. Ягодные культуры / В. С. Комардина, С. И. Ярчаковская, Н. Е. Колтун [и др.] // Методы учета и пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур : справ. / Ин-т защиты растений ; под ред. А. А. Запрудского, Е. А. Якимович. – Минск : Колорград, 2022. – С. 54–57.

18. Государственный реестр сортов / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений ; отв. ред. В. А. Бейня. – Минск : ИВЦ Минфина, 2021. – 268 с.

19. О внесении дополнений и изменений в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений : приказ от 30 дек. 2022 г. № 82 // Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений. – URL: http://sorttest.by/index.html (дата обращения: 15.02.2023).

20. Об установлении требований к сортовым и посевным качествам семян сельскохозяйственных растений : постановление М-ва сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, 29 октября 2015 г. № 37 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2023.

21. Инсектициды и акарициды (для субъектов хозяйствования) // Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / Гл. гос. инспекция по семеноводству, карантину и защите растений. – Минск, 2023. – URL: https://ggiskzr.by/archive/inspection_protection-plants/6.1. %20Инсектициды%20и%20Акарициды.pdf (дата обращения: 09.03.2023).

22. Дополнение к Государственному реестру средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь (7 декабря 2022 г.) / Гл. гос. инспекция по семеноводству, карантину и защите растений. – URL: https://ggiskzr.by/archive/inspection_protection-plants/Дополнение%202022%20декабрь.pdf (дата обращения: 04.03.2023).

23. Дополнение к Государственному реестру средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь (12 мая 2022 г.) / Гл. гос. инспекция по семеноводству, карантину и защите растений. – URL: https://ggiskzr.by/archive/inspection_protection-plants/Дополнение%20май%202022.pdf (дата обращения: 03.04.2023).

24. Дополнение к Государственному реестру средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь (3 марта 2023 г.) / Гл. гос. инспекция по семеноводству, карантину и защите растений. – URL: https://ggiskzr.by/archive/inspection_protection-plants/Дополнение%20март%202023.pdf (дата обращения: 03.04.2023).

25. Павловский, Н. Б. Экономическая эффективность технологии возделывания голубики высокорослой в Беларуси / Н. Б. Павловский // Аграрная экономика. – 2023. – № 9. – С. 62–77.

TECHNOLOGICAL REGULATIONS FOR THE CULTIVATION OF HIGHBUSH BLUEBERRY

N. B. PAVLOVSKY

Abstract

Based on the results of scientific research, a review of literature, and an analysis of practical experience in establishing and managing highbush blueberry plantations at the sectoral laboratory of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus and in specialized farms across the country – using domestic mechanization tools and taking into account the agrobiological characteristics of the crop – a revised sector-specific technological regulation for the cultivation of highbush blueberry has been developed. The document includes guidelines for land selection and site organization, soil substrate preparation, seedling requirements and planting techniques, soil management in the in-row and inter-row zones, pruning and irrigation practices, as well as harvesting and storage of berries, adapted to the natural and economic conditions of the Republic of Belarus.

Keywords: Vaccinium corymbosum, highbush blueberry, plantation establishment, cultivation practices, zoned cultivars, plant protection products, Belarus.

Поступила в редакцию 19.02.2025

Раздел 5

ОБЗОРЫ

УДК 577.175.1:631.811.98:581.143.6(048.8)

ЦИТОКИНИНЫ: ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

А. А. ЗМУШКО

РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: temlein2015@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Данная статья посвящена гормонам растений – цитокининам (природным и синтетическим). В ней рассмотрена классификация цитокининов по их химическому строению (цитокинины фенилмочевинового и аденинового типа, изопреноидные и ароматические цитокинины). Описывается роль данного класса фитогормонов в жизнедеятельности растения. Указывается, что ведущая роль при микроразмножении среди регуляторов роста на этапах инициации культуры *in vitro* и пролиферации отводится цитокининам. Два основных свойства цитокининов, которые полезны в культуре – это стимуляция деления клеток (часто вместе с ауксинами) и вывод боковых почек из состояния покоя. Подробно рассмотрены такие цитокинины, как 6-бензиладенин, кинетин, зеатин, iP, тидиазурон. Указан ряд аспектов применения цитокининов в микроразмножении: влияние концентрации на морфологию микропобегов; возможность использования смесей цитокининов; видоспецифичность в реакции на цитокинины в микроразмножении.

Ключевые слова: цитокинины, зеатин, кинетин, 6-бензиладенин, тидиазурон, культура *in vitro*.

I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Первый цитокинин был обнаружен в лаборатории F. Skoog (США); это был 6-фурфуриламинопурин, который был назван кинетином. Он был получен из молок сельди [1–3]. Первый природный цитокинин был выделен и описан D. S. Letham с соавторами в 1963 г. и назван зеатином, поскольку его выделили из неспелых семян кукурузы (*Zea mays*). Это произошло спустя почти десятилетие после получения F. Skoog синтетического цитокинина кинетина. А биосинтез цитокининов в растениях был доказан японскими исследователями лишь в 2001 г. [2–7].

Ауксины, абсцизовая кислота, цитокинины, этилен и гиббереллины обычно признаются пятью основными классами встречающихся в природе растительных гормонов [8].

Цитокинины играют центральную роль в клеточном цикле и влияют на многочисленные программы развития [9]. Им принадлежит важная роль в жизнедеятельности растений: они участвуют в регуляции деления клеток и дифференцировке хлоропластов, индуцируют стеблевой морфогенез, задерживают старение листьев, участвуют в регуляции транспорта метаболитов в растении, с их помощью корневая система регулирует функциональную активность в надземных органах, в частности, в листьях [10–12].

Биосинтез цитокининов в растении происходит главным образом в кончике корня, откуда пассивным транспортом вместе с водой и питательными веществами они разносятся по всему растению [3].

Цитокининам отводится ведущая роль на этапах введения в культуру *in vitro* и собственно микроразмножения [13]. Два основных свойства цитокининов, которые полезны в культуре, – это стимуляция деления клеток (часто вместе с ауксинами) и вывод боковых почек из состояния

покоя [8]. Цитокинины способствуют снятию апикального доминирования и увеличению коэффициента размножения из-за развития пазушных меристем [13, 14].

Классификацию цитокининов можно увидеть на следующей схеме (рис. 1):

Рис. 1. Классификация цитокининов

II. ЦИТОКИНИНЫ АДЕНИНОВОГО ТИПА

Природные цитокинины растений представляют собой N^6-замещенные адениновые производные [15]. При этом они замещены на терминальном N^6 на производную от изопрена боковую цепь (изопреноидные цитокинины) или на боковую цепь ароматического производного (ароматические цитокинины) [10] (рис. 2).

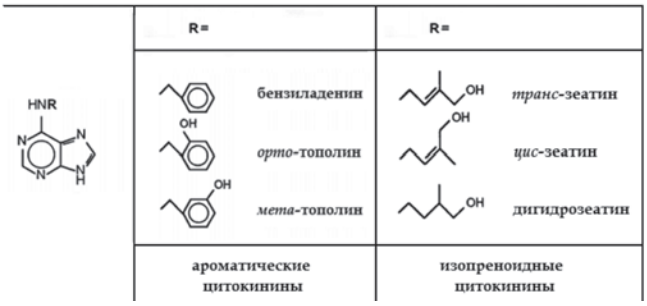


Рис. 2. Цитокинины аденинового типа

Рибоза или рибоза-5'-фосфат могут быть присоединены к N^9-атому аденинового кольца с образованием рибозидов или риботидов цитокинина (рис. 3), и они обычно также проявляют цитокининовую активность [11].

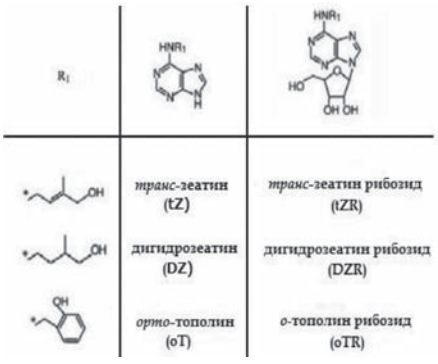


Рис. 3. Рибозиды цитокининов

Рассмотрим отдельно изопреноидные и ароматические цитокинины аденинового типа.

III. ИЗОПРЕНОИДНЫЕ ЦИТОКИНИНЫ

Изопентениладенин (iP), зеатин (Z) и дигидрозеатин (DZ) преобладают в высших растениях. Считается, что свободные основания и их рибозиды (iPR, ZR, DZR) являются биологически активными соединениями [9]. К природным цитокининам, наиболее часто используемым в культуре растительных тканей, относятся зеатин, изопентениладенин, дигидрозеатин и зеатин-рибозид [8].

ЗЕАТИН

Зеатин был первым цитокинином, обнаруженным в растениях. Свое название он получил, поскольку был выделен из неспелых семян кукурузы (*Zea mays*) [3].

***Транс*-зеатин** считается наиболее распространенным и активным цитокинином в растениях [2].

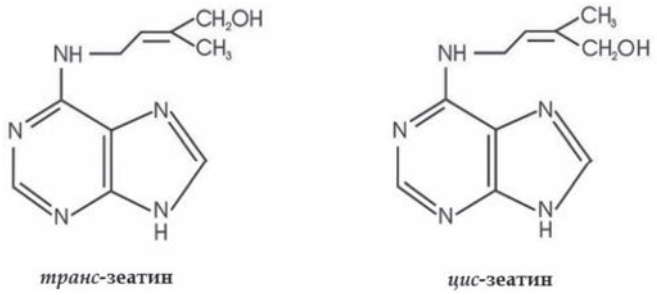


Рис. 4. Транс- и цис-зеатин

***Цис*-зеатин** обычно является минорным компонентом, хотя существуют исключения [16]. Большие количества *цис*-зеатина найдены в семенах нута [17]. Было показано, что морские водоросли – богатый источник природного *цис*-зеатина [18]. Эти результаты указывают, что *цис*-изомер имеет намного более широкое распространение и значение, чем первоначально считалось. Синтетические препараты зеатина часто состоят из смеси *цис*- и *транс*-изомеров, но *цис*-форма имеет намного меньшую цитокининовую активность [14, 19].

Дигидрозеатин (DZ), аналог зеатина с насыщенной боковой цепью, идентифицирован у многих видов (рис. 5) [16]. Дигидрозеатин, природный метаболит зеатина, обладает цитокининовой активностью; он устойчив к окислению благодаря его насыщенной боковой цепи и иногда рассматривается как запасная форма зеатина [14].

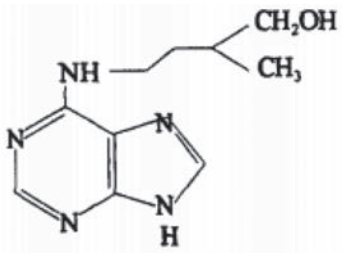


Рис. 5. Дигидрозеатин

Зеатин-рибозид высокоактивен, как цитокинин, и использовался в ряде экспериментальных работ по культуре тканей (рис. 6) [14]. Например, P. G. Goussard изучал влияние цитокининов на виноград, культивируемый *in vitro*. Он культивировал побеги, полученные из апексов винограда, на питательных средах, содержащих различные концентрации 6-бензиламинопурина (БАП) и зеатин-рибозида (ZR). Оптимальная пролиферация побегов была достигнута на среде с комбинацией цитокининов, каждый в концентрации 2 мг/л [20].

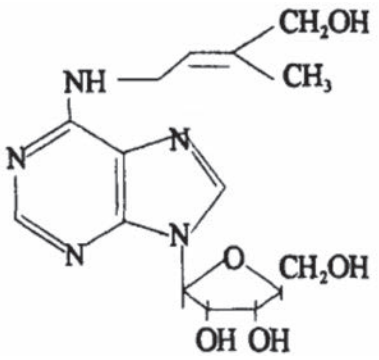


Рис. 6. Зеатин-рибозид

Применение зеатина в культуре in vitro. Зеатин нередко используется в работах по микроразмножению растений. Например, зеатин эффективен на этапе инициации (Debnath и McRae, 2001), для пролиферации побегов (Debnath и McRae, 2001) и для укоренения (Debnath и McRae, 2005) видов рода *Vaccinium* [21, 22]. R. Tao и A. Sugiura утверждают, что зеатин особенно эффективен для микроразмножения японской хурмы (*Diospyros kaki* L.) [23].

Можно выделить некоторые общие закономерности влияния зеатина на микрорастения.

1. Вытягивание микрорастений. Ряд исследователей отмечает, что зеатин способствует вытягиванию растений. Например, О. В. Матушкина и И. Н. Пронина отмечают, что зеатин усиливал рост микрорастений (клоновых подвоев и сортов яблони и груши) и способствовал образованию большого количества побегов оптимальной для укоренения длины [13]. C. S. Debnath указывает, что зеатин преодолевает вызванное тидиазуроном ингибирование удлинения стеблей земляники. Он отмечает, что зеатин способствовал образованию более длинных и крепких побегов, с бóльшим количеством листьев на побег, чем тидиазурон [24]. K. Nirmal Babu et al. отмечают, что среда, дополненная одним только зеатином или смесью зеатина и кинетина, была наилучшей с точки зрения удлинения стеблей и размера листьев *Cinnamomum camphora* [25]. Т. А. Крицкая, А. С. Кашин отмечают, что при микроразмножении лапчатки волжской (*Potentilla volgarica*) на питательной среде с добавлением зеатина размножение практически отсутствовало, однако наблюдалось формирование плотной розетки, максимальная длина и развитие листьев [26].

2. Способствует укоренению. C. S. Debnath указывает, что зеатин способствует укоренению культуры земляники *in vitro* [25]. Зеатин был эффективен в пролиферации побегов и укоренении клюквы [22].

3. Меньшая токсичность. T. Eccher и N. Noè (1989) изучали смеси зеатина и iP для улучшения инициирования побегов голубики. Смеси двух цитокининов были менее фитотоксичны для новых эксплантов, чем iP сам по себе, и приводили к более высокой эффективности инициации [27].

2-ИЗОПЕНТЕНИЛАДЕНИН (iP, 2iP, 2-iP)

2-изопентениладенин (2iP) – природный цитокинин (рис. 7) [8].

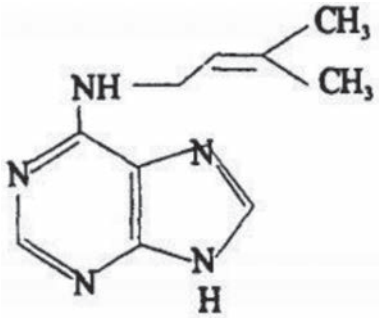


Рис. 7. 2-изопентениладенин (2-iP)

Культивирование *in vitro*. 2-изопентениладенин (iP) применяется для размножения *in vitro* различных культур. Например, Serres и соавт. (1994) установили, что среда WPM, содержащая iP, была эффективна для пролиферации *in vitro* побегов сортов брусники [28]. M. Marcotrigiano и S. P. McGlew; J. M. Smagula и J. Harker рекомендовали использовать высокие концентрации iP вместе с ауксином (ИУК или ИМК) в культуральной среде для увеличения пролиферации побегов клюквы [29, 30]. A. Sereme и соавт. использовали среду, содержащую iP и ИУК при микроразмножении западно-африканского дикого винограда (*Lannea microcarpa*) [31].

Концентрации: iP при микроразмножении некоторых растений используют в концентрациях, которые на порядок выше применяемых концентраций БА [32, 33].

Улучшение качества побегов. В. А. Высоцким было изучено влияние ряда цитокининов на развитие микрорастений ирги. Он отметил, что качество побегов улучшалось практически при всех испытанных концентрациях iP. Побеги при использовании iP были длиннее и большего диаметра, а имеющиеся на них листья – крупнее [34].

Фитотоксичность. T. Eccher и N. Noè указывают, что iP демонстрирует некоторую фитотоксичность при высоких дозах (при размножении голубики), особенно на стадии инициации, когда многие экспланты коричневеют и в конечном итоге погибают [27].

IV. АРОМАТИЧЕСКИЕ ЦИТОКИНИНЫ

Минусом природных цитокининов iP и зеатина является их стоимость [14]. Наиболее часто используемые цитокинины – замещенные пурины: кинетин и 6-бензиладенин (БА) [8].

БЕНЗИЛАДЕНИН (БА)

В первые годы исследований только цитокинины с изопреноидной боковой цепью считались эндогенными соединениями, однако затем БА и его производные были идентифицированы как природные цитокинины [2, 16, 35].

Бензиладенин – ароматический цитокинин аденинового типа (рис. 8).

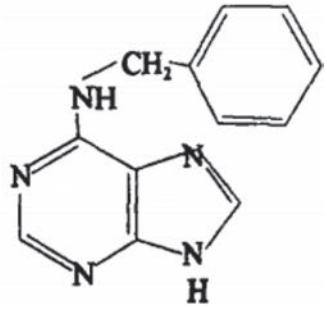


Рис. 8. 6-бензиладенин

Первоначально 6-бензиладенин считался синтетическим цитокинином. Однако в настоящее время обнаружен природный 6-бензиладенин [2, 35]. В растениях также обнаружен рибозид 6-БА [3].

6-бензиладенин используется в размножении *in vitro* большого числа культур [36–38], в частности, сливы домашней [39], винограда [40, 41], земляники садовой [42], вишни [43], смородины черной и красной, крыжовника, жимолости синей [42], малины [38], ежевики, рябины, аронии черноплодной, хеномелеса японского и др. [42].

ТОПОЛИНЫ

Гидроксилированные формы БА, *мета*- и *орто*-тополин встречаются в природе вместе с сопутствующими нуклеозидами, нуклеотидами и О-глюкозидами (рис. 9). Мета-тополин гораздо активнее, чем *пара*- и *орто*-производные. Другие метаболиты включают 3-, 7- и 9-глюкозиды и 9-аланин на адениновом кольце и глюкозид, связанный с рибозильной группой [16].

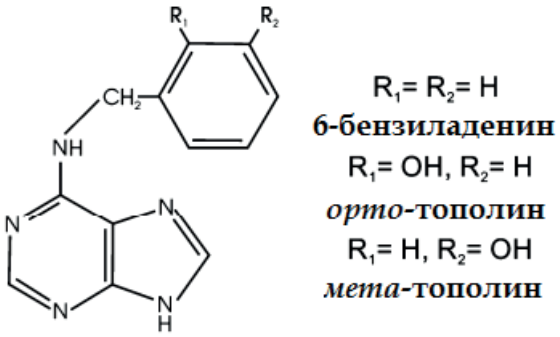


Рис. 9. 6-бензиладенин и его производные

КИНЕТИН

Кинетин (рис. 10) является известным цитокинином с кольцевой заменой в N^6-позиции [16, 13]. Кинетин – синтетический ароматический цитокинин, он не встречается в растительных тканях [3, 14].

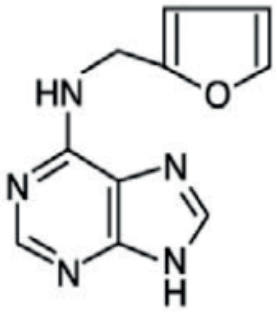


Рис. 10. Кинетин

Первый обнаруженный цитокинин был выделен в лаборатории профессора F. Skoog в Университете Висконсина [14]. В поисках факторов, вызывающих дифференциацию клеток каллуса табака (т. е. формирование нормальных тканей листа, корня и т. п.), Скуг обнаружил, что особенно эффективны для образования листовых зачатков старые или автоклавированные препараты ДНК из молок сельди. В 1955 г. была установлена химическая структура активного компонента, образующегося из ДНК. Им оказался 6-фурфуриламинопурин [3]. Новый ростовой фактор был назван «кинетин», так как он стимулировал клеточное деление в клетках, которые в противном случае могли стать многоядерными [14]. Общий термин «цитокинин» был предложен позднее, чтобы охватить все соединения, имеющие сходную активность [14, 44].

Кинетин нередко применяется в культуре *in vitro*, например, для культивирования земляники [45], лаванды узколистной [46], белены египетской [47], смородины черной [48], жимолости, малины, ежевики [49] и др.

V. ЦИТОКИНИНЫ ФЕНИЛМОЧЕВИНОВОГО ТИПА

Цитокинины фенилмочевинового типа – синтетические соединения [10]. Нет никаких доказательств того, что цитокинины фенилмочевинового типа встречаются естественным образом в растительных тканях [16].

Дифенилмочевина (DPU) была первой идентифицированной фенилмочевиной с цитокининовой активностью. Это случайное открытие привело к синтезу ряда мощных аналогов, таких как CPPU и тидиазурон (TDZ), с цитокининовой активностью, превышающей активность зеатина (рис. 11). В отличие от зеатина, эти активные фенилмочевины являются высокостабильными [16].

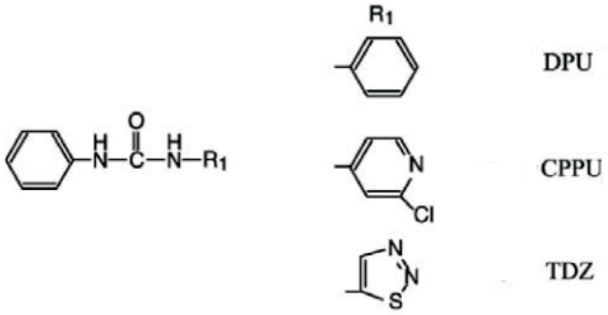


Рис. 11. Цитокинины фенилмочевинового типа

ТИДИАЗУРОН

Тидиазурон (TDZ) – замещенная фенилмочевина, созданная для механизированной уборки коробочек хлопчатника (дефолиант), и которая, как выяснилось, является высокоэффективным биорегулятором морфогенеза в культуре тканей многих видов растений [14, 50–52].

Тидиазурон имеет высокую цитокининовую активность [14, 53]. Применение тидиазурона вызывает множество различных культуральных ответов – от стимуляции каллусообразования до формирования соматических эмбрионов [50].

TDZ может быть высокоэффективен в стимулировании образования пазушных побегов в культуре побегов (например, у *Rorippa* [54], *Rhododendron* [55], *Malus domestica* [14, 56].

Однако применение тидиазурона сдерживается тем, что он ингибирует удлинение стеблей у ряда культур [14], а также ведет к возникновению нежелательных морфологических аномалий.

Например, у многих сортов азалии (*Rhododendron*) тидиазурон приводил к образованию большого числа побегов, но плохого качества, поскольку они были низкорослыми и витрифицированными [14]. При использовании в качестве цитокинина TDZ у ремонтантной малины отмечалось каллусообразование у основания побега, что нежелательно при микроразмножении, так как затрудняется поступление питательных веществ в растение [38]. Отмечено специфичное действие тидиазурона на клоновые подвои и сорта яблони и груши: он хотя и увеличивал коэффициент размножения, но способствовал образованию очень мелких побегов с видоизмененными листьями, которые не пригодны для укоренения [13].

У некоторых растений тидиазурон более эффективен для стимуляции образования адвентивных (придаточных) побегов, чем основанные на аденине соединения. Однако образование адвентивных побегов нежелательно при микроразмножении [14, 57].

VI. ЦИТОКИНИНЫ В МИКРОРАЗМНОЖЕНИИ

Существенным моментом, обеспечивающим активную пролиферацию микропобегов *in vitro*, является правильный выбор цитокинина и его концентрации [38]. Рассмотрим некоторые аспекты применения цитокининов в микроразмножении.

Видоспецифичность воздействия цитокининов. Влияние цитокининов на разные виды растений может сильно различаться. Например, БА стимулирует пролиферацию пазушных почек *Castanea* в экспериментах A. M. Vieitez и M. L. Vieitez [58], тогда как эффект кинетина отсутствует. Elliott (1970) обнаружил, что кинетин неспособен стимулировать рост верхушек побегов розы. С другой стороны, 0,5–5,0 мг/л кинетина (вместе с гиббереллловой кислотой) индуцировали пролиферацию побегов картофеля, а вот БА и iP не были эффективны в этом [14, 59].

Смеси цитокининов. У некоторых видов смеси двух соединений могут дать лучшие результаты, чем каждое из веществ по отдельности [14, 27]. Например, А. А. Батукаев, А. А. Зармаев, М. С. Батукаев утверждают, что присутствие кинетина в питательной среде в комбинации с БА положительно влияло на развитие эксплантов винограда. Так, на фоне концентрации БА 0,5 мг/л присутствие кинетина (0,5 мг/л) обеспечило максимальный коэффициент размножения для испытываемых сортов винограда [60].

Концентрации цитокининов. Высокие концентрации цитокининов могут оказывать негативный эффект на процесс микроразмножения.

Во-первых, слишком высокий уровень цитокинина приводит к образованию множества мелких побегов, которые обычно не удлиняются [14]. Например, О. В. Матушкина, И. Н. Пронина при изучении пролиферации клоновых подвоев яблони 62-396, 57-195, груши № 10 и сортов яблони Вишневое и груши Осенняя Яковлева отмечали, что повышение концентрации БА от 1,0 до 3,0 мг/л приводило к увеличению коэффициента размножения, однако по мере повышения содержания БАП в среде, количество микропобегов оптимальной для укоренения длины уменьшилось в 2 раза. При длительном культивировании эксплантов на средах с высоким содержанием БА наблюдалось образование очень коротких побегов [13].

Во-вторых, высокие концентрации цитокининов могут быть причиной того, что листья некоторых видов растений приобретают нетипичную форму [14].

В-третьих, высокие концентрации цитокининов могут вызывать гипергидрацию (витрификацию, стекловидность) побегов [14]. Например, Т. П. Кобринец, О. С. Иванова, Е. В. Поух выяснили, что при микроразмножении сливы (сорта Венгерка белорусская, Эмпресс, Президент) на среде с содержанием 6-БА, 1,5 мг/л, наблюдались витрифицированные микропобеги. Поэтому, несмотря на высокий коэффициент размножения, такая концентрация цитокинина (6-БА) для данных сортов нежелательна [39, 61].

В-четвертых, высокие концентрации цитокининов в среде могут приводить к появлению каллусных тканей. Например, Т. Т. Турдиев, И. Ю. Ковальчук, С. Н. Фролов утверждают, что при культивировании винограда *in vitro*, увеличение концентрации 6-БА в питательной среде (до 2,0 мг/л) приводит к образованию каллуса [40].

В-пятых, высокие концентрации цитокинина могут негативно влиять и на коэффициент размножения. Например, Д. С. Кульханова, Т. В. Плаксина, И. Д. Бородулина отмечают негативный эффект высоких концентраций 6-БА на коэффициент размножения ремонтантных сортов малины [38].

ВЫВОДЫ

Цитокинины – один из пяти основных классов встречающихся в природе растительных гормонов. Им принадлежит важная роль в течение всей жизни растений: они участвуют в регуляции деления клеток и дифференцировке хлоропластов, индуцируют стеблевой морфогенез, задерживают старение листьев, участвуют в регуляции транспорта метаболитов в растении, с их помощью корневая система регулирует функциональную активность в надземных органах, в частности, в листьях. Биосинтез цитокининов в растении происходит главным образом в кончике корня. Цитокинины способствуют снятию апикального доминирования и увеличению коэффициента размножения из-за развития пазушных меристем, что делает их чрезвычайно полезными в микроразмножении. По химическому строению они делятся на цитокинины фенилмочевинового типа (синтетические соединения – не встречаются естественным образом в растительных тканях) и цитокинины аденинового типа. Последние названы так потому, что представляют собой N^6-замещенные адениновые производные. Они, в свою очередь, делятся на изопреноидные (зеатин, дигидрозеатин, изопентениладенин) и ароматические (6-бензиладенин, кинетин, тополины) цитокинины. Правильный выбор цитокинина и его концентрации обеспечивает активную пролиферацию микропобегов *in vitro*.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Kinetin, a cell division factor from deoxyribonucleic acid / C. O. Miller, F. Skoog, M. H. Von Saltza, F. M. Strong // Journal of the American Chemical Society. – 1955. – Vol. 77, № 5. – P. 1392.

2. Романов, Г. А. Как цитокинины действуют на клетку / Г. А. Романов // Физиология растений. – 2009. – Т. 56, № 2. – С. 295–319.

3. Захарычев, В. В. Фитогормоны, их аналоги и антагонисты в качестве гербицидов и регуляторов роста растений : учеб. пособие / В. В. Захарычев ; М-во образования Рос. Федерации, Рос. хим.-технол. ун-т им. Д. И. Менделеева. – М. : Изд-во РХТУ им. Д. И. Менделеева, 1999. – 55 с.

4. Letham, D. S. Zeatin, a factor inducing cell division isolated from *Zea mays* / D. S. Letham // Lite Sciences. – 1963. – Vol. 2, № 8. – P. 569–573.

5. Letham, D. S. The structure of zeatin, a factor inducing cell division / D. S. Letham, J. S. Shannon, I. R. McDonald // Proceedings of the Chemical Society. – 1964. – Iss. July. – P. 230–231.

6. Kakimoto, T. Identification of plant cytokinin biosynthetic enzymes as dimethylallyl diphosphate: ATP/ADP isopentenyltransferases / T. Kakimoto // Plant and Cell Physiology. – 2001. – Vol. 42, № 7. – P. 667–685.

7. Takei, K. Identification of genes encoding adenylate isopentenyltransferases, a cytokinin biosynthesis enzyme, in *Arabidopsis thaliana* / K. Takei, H. Sakakibara, T. Sugiyama // Journal of Biological Chemistry. – 2001. – Vol. 276, № 28. – P. 26405–26410.

8. Plant hormones and plant growth regulators in plant tissue culture / T. Gaspar, C. Kevers, C. Penel [et al.] // *In Vitro* Cellular & Developmental Biology – Plant. – 1996. – Vol. 32, № 4. – P. 272–289.

9. Regulation of plant growth by cytokinin / T. Werner, V. Motyka, M. Strnad, T. Schmülling // Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS). – 2001. – Vol. 98, № 18. – P. 10487–10492.

10. Plant hormones. Biosynthesis, signal transduction, action! / ed. P. J. Davies. – Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 2004. – 750 p.

11. Kakimoto, T. Perception and signal transduction of cytokinins / T. Kakimoto // Annual Review of Plant Biology. – 2003. – Vol. 54, № 1. – P. 605–627.

12. Кулаева, О. Н. Новейшие достижения и перспективы изучения механизма действия фитогормонов и их участия в сигнальных системах целого растения / О. Н. Кулаева, В. В. Кузнецов // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. – 2004. – № 2 (36). – С. 12–36.

13. Матушкина, О. В. Особенности воздействия экзогенных цитокининов и их производных на регенерацию яблони и груши *in vitro* / О. В. Матушкина, И. Н. Пронина // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 8. – С. 34–35.

14. Plant propagation by tissue culture / ed.: E. F. George, M. A. Hall, G.-J. De Klerk. – 3rd ed. – Dordrecht : Springer, 2008. – Vol. 1: The background. – 501 p.

15. Kende, H. The five ‘classical’ plant hormones / H. Kende, J. A. D. Zeevaart // The Plant Cell. – 1997. – Vol. 9, № 7. – P. 1197–1210.

16. Mok, D. V. S. Cytokinin metabolism and action / D. W. S. Mok, M. C. Mok // Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. – 2001. – Vol. 52. – P. 89–118.

17. *Cis*-isomers of cytokinins predominate *Cicer arietinum* throughout their development / R. J. N. Emery, L. Leport, J. E. Barton [et al.] // Plant Physiology. – 1998. – Vol. 117, № 4. – P. 1515–1523.

18. Cytokinins in macroalgae / W. A. Stirk, M. Strnad, O. Novak, J. van Staden // Plant Growth Regulation. – 2003. – Vol. 41, № 1. – P. 13–24.

19. Staden, J. The biological activity of cytokinin derivatives in the soybean callus bioassay / J. van Staden, F. E. Drewes // Plant Growth Regulation. – 1991. – Vol. 10, № 2. – P. 109–115.

20. Goussard, P. G. Morphological responses of shoot apices of grapevine cultured *in vitro*. Effects of cytokinins in routine subculturing / P. G. Goussard // Vitis. – 1982. – Vol. 21, № 4. – P. 293–298.

21. Debnath, S. C. *In vitro* culture of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.): the influence of cytokinins and media types on propagation / S. C. Debnath, K. B. McRae // Small Fruits Review. – 2001. – Vol. 1, iss. 3. – P. 3–19.

22. Debnath, S. C. A one-step *in vitro* cloning procedure for cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait.): the influence of cytokinins on shoot proliferation and rooting / S. C. Debnath, K. B. McRae // Small Fruits Review. – 2005. – Vol. 4, iss. 3. – P. 57–75.

23. Tao, R. Micropropagation of Japanese persimmon (*Diospyros kaki* L.) / R. Tao, A. Sugiura // Biotechnology in Agriculture and Forestry / ed.: J. M. Widholm, J. Kumlehn, T. Nagata. – Berlin ; Heidelberg, 1992. – Vol. 18: High-Tech and Micropropagation II / ed. Y. P. S. Bajaj. – P. 424–440.

24. Debnath, C. S. Zeatin overcomes thidiazuron-induced inhibition of shoot elongation and promotes rooting in strawberry culture *in vitro* / C. S. Debnath // The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. – 2006. – Vol. 81, № 3. – P. 349–354.

25. Micropropagation of camphor tree (*Cinnamomum camphora*) / K. Nirmal Babu, A. Sajina, D. Minoo [et al.] // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. – 2003. – Vol. 74, № 2. – P. 179–183.

26. Крицкая, Т. А. Клональное микроразмножение лапчатки волжской (*Potentilla volgarica*) / Т. А. Крицкая, А. С. Кашин // Вавиловские чтения – 2014 : сб. ст. междунар. науч.-практ. конф., Саратов, 25–27 нояб. 2014 г. / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Сарат. гос. аграр. ун-т ; редкол.: Н. И. Кузнецов [и др.]. – Саратов, 2014. – С. 114–116.

27. Eccher, T. Comparison between 2iP and zeatin in the micropropagation of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*) / T. Eccher, N. Noè // Acta Horticulturae. – 1989. – Vol. 241. – P. 185–190.

28. Micropropagation of several lingonberry cultivars / R. A. Serres, S. Pan, B. M. McCown, E. J. Stang // Fruit Varieties Journal. – 1994. – Vol. 48, № 1. – P. 7–14.

29. Marcotrigiano, M. A two-stage micropropagation system for cranberries / M. Marcotrigiano, S. P. McGlew // Journal of the American Society for Horticultural Science. – 1991. – Vol. 116, № 5. – P. 911–916.

30. Smagula, J. M. Cranberry micropropagation using a lowbush blueberry medium / J. M. Smagula, J. Harker // Acta Horticulturae. – 1997. – Vol. 446. – P. 343–347.

31. Micropropagation of a West African wild grape (*Lannea microcarpa*) / A. Sereme, J. Millogo, S. Guinko, M. Nacro // International Journal of Biological and Chemical Sciences. – 2014. – Vol. 8, № 3. – P. 862–870.

32. Высоцкий, В. А. Клональное микроразмножение растений / В. А. Высоцкий // Культура клеток растений и биотехнология / АН СССР, Ин-т физиологии растений ; отв. ред. Р. Г. Бутенко. – М., 1986. – С. 91–102.

33. Регенерация растений *Brachanthemum baranovii* (Krasch. et Poljak) Krasch. в культуре *in vitro* / В. В. Соловьева, Н. А. Вечернина, О. К. Тавартkиладзе, А. И. Шмаков // Известия Алтайского государственного университета. – 2003. – № 3 (29). – С. 108–111.

34. Высоцкий, В. А. Опыт клонального микроразмножения ирги / В. А. Высоцкий // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ / Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства. – М., 1995. – Т. 2. – С. 123–127.

35. Strnad, M. The aromatic cytokinins / M. Strnad // Physiologia Plantarum. – 1997. – Vol. 101, № 4. – P. 674–688.

36. Плаксина, Т. В. Влияние регуляторов роста на клональное микроразмножение представителей рода актинидия / Т. В. Плаксина, И. Д. Бородулина // Acta Biologica Sibirica. – 2016. – Т. 2, № 3. – С. 54–60.

37. Кастрицкая, М. С. Микроразмножение сортов хмеля *in vitro* / М. С. Кастрицкая, Н. В. Кухарчик, О. А. Гашенко / Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2014. – № 2. – С. 75–80.

38. Кульханова, Д. С. Размножение *in vitro* ремонтантных сортов малины / Д. С. Кульханова, Т. В. Плаксина, И. Д. Бородулина // Известия Алтайского государственного университета. – 2012. – № 3-2 (75). – С. 42–45.

39. Кастрицкая, М. С. Микроразмножение растений рода *Prunus* L.: инициация и размножение / М. С. Кастрицкая, А. А. Змушко, Т. А. Красинская // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 30. – С. 258–264.

40. Турдиев, Т. Т. Оптимизация минерального и гормонального состава питательных сред для культивирования винограда *in vitro* / Т. Т. Турдиев, И. Ю. Ковальчук, С. Н. Фролов // Сохранение биоразнообразия тропических и субтропических растений : материалы 2-й Междунар. науч. конф., Харьков, 7–10 окт. 2013 г. / М-во образования и науки Украины [и др.] ; редкол.: Т. Г. Орлова [и др.], отв. ред. А. А. Алехин. – Харьков, 2013. – С. 173–178.

41. Красинская, Т. А. Морфогенез растений-регенерантов сортов винограда в культуре *in vitro* при использовании 6-бензиладенина, кинетина и тидиазурона / Т. А. Красинская, М. И. Шокель, А. А. Змушко // Клеточная биология и биотехнология растений : тез. докл. II Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 28–31 мая 2018 г. / Белорус. гос. ун-т, Ин-т леса НАН Беларуси ; редкол.: И. И. Смолич (отв. ред.), В. В. Демидчик, В. Е. Падутов. – Минск, 2018. – С. 122–123.

42. Размножение плодовых, ягодных растений, винограда и хмеля в культуре *in vitro* / Н. В. Кухарчик, М. С. Кастрицкая, Е. В. Колбанова [и др.] ; под общ. ред. Н. В. Кухарчик. – Минск : Колорград, 2021. – 400 с.

43. Красинская, Т. А. Морфогенез растений-регенерантов сортов винограда в культуре *in vitro* при использовании биологически активных веществ синтетического происхождения / Т. А. Красинская, А. А. Змушко // Журнал Белорусского государственного университета. Биология. – 2018. – № 2. – С. 95–104.

44. Skoog, F. Cytokinins / F. Skoog, F. M. Strong, C. O. Miller // Science. – 1965. – Vol. 148, № 3669. – P. 532–533.

45. Карпушина, М. В. Технологический процесс микроклонального размножения посадочного материала земляники садовой сорта Мальвина / М. В. Карпушина, М. А. Амосова // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2022. – № 78 (6). – С. 263–274.

46. Особенности клонального микроразмножения лаванды узколистной / В. С. Власова, Н. А. Егорова, Л. А. Хасанова, З. М. Хасанова // Актуальная биотехнология. – 2021. – № 1 (35). – С. 71.

47. Абделазиз, В. М. А. Влияние кинетина на микроразмножение белены египетской / В. М. А. Абделазиз // Биосистемы: организация, поведение, управление : 70-я Всероссийская школа-конференция молодых ученых. – Нижний Новгород, 26–28 апреля 2017 г. – С. 4.

48. Райков, И. А. Особенности клонального микроразмножения растений смородины черной в зависимости от генотипа и применяемого цитокинина / И. А. Райков // Плодоводство и ягодоводство России. – 2011. – Т. 26. – С. 368–374.

49. Панькова, О. А. Совершенствование технологических приемов клонального микроразмножения ягодных кустарников / О. А. Панькова, Н. П. Несмелова // Аграрная наука Евро-северо-востока. – 2008. – № 11. – С. 72–76.

50. Murthy, B. N. S. Thidiazuron: a potent regulator of *in vitro* plant morphogenesis / B. N. S. Murthy, S. J. Murch, P. K. Saxena // *In Vitro* Cellular & Developmental Biology – Plant. – 1998. – Vol. 34, № 4. – P. 267–275.

51. Arndt, F. SN 49537, a new cotton defoliant / F. Arndt, R. Rusch, H. V. Stillfried // Plant Physiology. – 1976. – Vol. 57, Suppl. – P. S99.

52. Изучение морфогенетического потенциала озимого рапса отечественной селекции в культуре *in vitro* / М. А. Чернобровкина, П. А. Хватков, А. В. Леонтьева, С. В. Долгов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 11, ч. 2. – С. 260–264.

53. Cytokinin activity of *N*-phenyl-*N′*-1,2,3-thiadiazol-5-ylurea (thiadiazuron) / M. C. Mok, D. W. S. Mok, D. J. Armstrong [et al.] // Phytochemistry. – 1982. – Vol. 21, № 7. – P. 1509–1511.

54. Gilby, A. C. Use of tissue culture in improvement of watercress (*Rorippa nasturtium aquaticum* L. Hayek) / A. C. Gilby, H. Wainwright // Acta Horticulturae. – 1989. – Vol. 244. – P. 105–113.

55. Fellman, C. D. Effects of thidiazuron and CPPU on meristem formation and shoot proliferation / C. D. Fellman, P. E. Read, M. A. Hosier // HortScience. – 1987. – Vol. 22, № 6. – P. 1197–1200.

56. Adventitious shoot formation on excised leaves of *in vitro* cultured apples: effects of cytokinin, auxin, and leaf age / F. Fasolo, R. H. Zimmerman, I. Fordham, L. Falbo // HortScience. – 1988. – Vol. 23, № 3S. – P. 676.

57. Briggs, B. A. Micropropagation of azaleas using thiadiazuron / B. A. Briggs, S. M. McCulloch, L. A. Edick // Acta Horticulturae. – 1988. – Vol. 226. – P. 205–208.

58. Vieitez, A. M. Culture of chestnut shoots from buds *in vitro* / A. M. Vieitez, M. L. Vieitez // Journal of Horticultural Science. – 1980. – Vol. 55, № 1. – P. 83–84.

59. Elliott, R. F. Axenic culture of meristem tips of *Rosa multiflora* / R. F. Elliott // Planta. – 1970. – Vol. 95, № 2. – P. 183–186.

60. Батукаев, А. А. Использование регуляторов роста в системе производства оздоровленного посадочного материала винограда / А. А. Батукаев, А. А. Зармаев, М. С. Батукаев // Труды БГУ. – 2013. – Т. 8, ч. 2. – С. 43–47.

61. Кобринец, Т. П. Микроклональное размножение районированных сортов сливы в РУП «Брестская ОСХОС НАН Беларуси» / Т. П. Кобринец, О. С. Иванова, Е. В. Поух // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2017. – Т. 4, № 1/2. – С. 53–56.

CYTOKININS: GENERAL INFORMATION AND APPLICATION IN *IN VITRO* CULTURE

A. A. ZMUSHKO

Abstract

This article is dedicated to plant hormones – cytokinins (both natural and synthetic). It presents a classification of cytokinins based on their chemical structure, including phenylurea-type and adenine-type cytokinins, as well as isoprenoid and aromatic cytokinins. The role of this class of phytohormones in plant physiology is described. It is noted that among growth regulators, cytokinins play a leading role in micropropagation during the initiation and proliferation stages of *in vitro* culture. The two key properties of cytokinins valuable in tissue culture are stimulation of cell division (often in conjunction with auxins) and release of lateral buds from dormancy. The article provides a detailed review of specific cytokinins such as 6-benzyladenine, kinetin, zeatin, iP, and thidiazuron. Several aspects of cytokinin application in micropropagation are discussed, including: the influence of concentration on microshoot morphology; the potential use of cytokinin mixtures; and species-specific responses to cytokinins in micropropagation.

Keywords: cytokinins, zeatin, kinetin, 6-benzyladenine, thidiazuron, *in vitro* culture.

Поступила в редакцию 17.03.2025

УДК 634:232:631.81(048.8)

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕРЕШНИ (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

А. С. БРУЙЛО, И. Л. ОЛЕЦКАЯ

УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
ул. Терешковой, 28, г. Гродно, 230005, Беларусь,
e-mail: Inessa.Olecka@yandex.by

АННОТАЦИЯ

В аналитическом обзоре представлены литературные данные о влиянии отдельных элементов питания на процессы роста и развития черешни, которые должны учитываться при разработке дифференцированных технологий возделывания этой культуры в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь.

Ключевые слова: черешня, плоды, деревья, элементы питания, процессы роста и развития растений, дефицит, симптомы недостатка.

ВВЕДЕНИЕ

Черешня – многолетнее поликарпическое растение. В течение всей своей жизни она растет и плодоносит на одном и том же месте, ежегодно выносит из почвы одни и те же элементы питания, что приводит к их резкому дефициту в почве [1, 2]. Одним из самых доступных и эффективных способов устранения данного дефицита является внесение удобрений. Научно обоснованное применение минеральных удобрений определяет обеспеченность растений элементами минерального питания: азотом, фосфором, калием, что во многом способствует стабильной урожайности. В обменных почвенных и физиолого-биохимических процессах значительная роль принадлежит кальцию, магнию, бору и микроэлементам [3, 4].

В аналитическом обзоре литературы будет рассмотрено биолого-физиологическая роль и значение отдельных, наиболее важных, на взгляд авторов, элементов питания, необходимых для нормального роста и развития растений черешни, а также будут представлены визуальные симптомы их недостатка.

В растительном организме обнаружено до 70 химических элементов. На данном этапе развития научных знаний 20 элементов относятся к необходимым, а 12 считаются условно необходимыми. По сводке М. Я. Школьника, по меньшей мере 27 химических элементов участвуют в метаболических процессах и реакциях. А. П. Виноградов (1952), В. Б. Ильин (1985) отмечают, что все элементы, поглощаемые растениями, так или иначе участвуют в жизненных процессах [5, 6].

Накопленный к настоящему времени экспериментальный материал дает основание считать, что к числу жизненно важных элементов минерального питания относятся азот, фосфор, калий, магний, сера, железо, натрий, хлор, марганец, медь, цинк, кобальт, кремний, бор, бром, молибден, йод, селен и литий. Каждый из них играет определенную роль в жизни растения и не может быть заменен другим элементом. При длительном недостатке или избытке того или иного элемента в почве и в тканях растений глубоко нарушается ход биохимических процессов, что сопровождается изменением характера роста и развития, различными изменениями морфологического и анатомического порядка, а также появлением характерных симптомов заболевания на листьях и других органах, по которым определяют потребность растения в элементе питания (И. Л. Савицкий, 1980) [7, 8]. К числу наиболее важных элементов минерального питания растений относится азот, фосфор, калий. В почвах республики их содержание часто недостаточное [9, 10].

Азот. Особую роль в жизни растений играет азот, обеспечивая их рост и развитие. Азот – важнейший питательный элемент всех растений. В среднем его содержание составляет 1–3 % от массы сухого вещества растений. Исключительная роль азота для растений и всего живого на земле определяется прежде всего тем, что он входит в состав белков (16–18 %), являющих-

ся главной составной частью цитоплазмы, ядра клеток и хлорофилла, без которого невозможна важнейшая функция зеленого растения – фотосинтез. Наибольшее количество азота идет на формирование листьев, побегов, почек, цветков, плодов и семян. Его наличие в них меняется в зависимости от периода вегетации: весной, за счет отложений в растения осенью, повышается, затем значительно снижается, к осени вновь увеличивается, перемещаясь в зимующие органы.

При длительном недостатке азота в черешне тормозится рост побегов, корней, наблюдается общий хлороз (пожелтение листьев) и более мелкий размер плодов (рис. 1), а при его достаточном количестве листья становятся крупными, темно-зелеными, раньше начинается плодоношение, повышается завязываемость плодов.

Рис. 1. Азотный хлороз на листьях черешни

Отрицательно проявляется и избыток азота, особенно при недостатке фосфора и калия. Прослеживается чрезмерный вегетативный рост, но растения слабо закладывают цветочные почки, деревья позднее начинают плодоношение, отмечается задержка сбора урожая и снижение качества плодов (бледно окрашенные, с уменьшенной сахаристостью). В плодах может накапливаться избыточное количество нитратов [11–13].

Однако действие внесенного с удобрениями азота зависит еще и от многих других внутренних и внешних факторов роста и развития. Так, с увеличением дозы вносимых азотных удобрений, но при недостаточном содержании воды в почве, происходит не усиление роста деревьев и их побегов, а, наоборот, торможение [14].

Поступают соединения азота в растения черешни в основном из почвы, где они накапливаются за счет внесения органических и минеральных удобрений, жизнедеятельности бактерий (азот становится доступным растениям только после преобразования их бактериями: аммонификация, нитрификация), фиксирующих азот из воздуха. Однако при всей важности этого элемента необходимо учитывать зависимость роста и развития деревьев черешни от других элементов питания.

Фосфор также играет заметную роль в биохимических процессах растений. Содержание этого элемента в растениях колеблется в пределах от 0,2 до 1,3 % от массы сухого вещества. Он принимает участие в синтезе белков, энергетическом обмене, передаче наследственных свойств, образовании клеточных мембран, ускоряет переход растений в репродуктивную фазу. С наличием фосфора связаны процессы фотосинтеза и дыхания растительного организма [15].

Большая часть фосфора находится в репродуктивных органах и молодых интенсивно растущих частях растений. Данный элемент ускоряет формирование корневой системы: она сильнее ветвится и глубже проникает в почву. Достаточная обеспеченность фосфором ускоряет переход в репродуктивную фазу. В плодах накапливается больше красящих и ароматических веществ,

улучшается их лежкость. Хорошая обеспеченность растений фосфором способствует более экономному расходованию ими воды, повышению засухоустойчивости, а также их устойчивости к болезням и вредителям. Оптимальное питание фосфором стимулирует процессы оплодотворения растений, повышает урожай и его качество.

Влияние фосфора становится очевидным при его дефиците. По мнению некоторых авторов (И. И. Ильинский, С. С. Рубин, 1968; В. Фидлер, 1983; Э. П. Кудрявцев, 1987), в этом случае проявляются те же симптомы, что и при недостатке азота. В частности, параллельно идет накопление углеводов в верхушке почек, ослабляется ветвление побегов. Дефицит может привести к снижению роста и приземистости, а также к красновато-темной окраске листьев из-за повышенного содержания пигментов антоцианов. Фосфор очень подвижен в растении, поэтому дефицит, в первую очередь, проявляется на старых листьях [16, 17].

Доказано (В. Фидлер, 1983), что избыток фосфора очень быстро приводит к заметной задержке роста побегов, так как при этом возникает антагонизм с азотом. В то же время повышение доз фосфорных удобрений способствует увеличению содержания кальция, магния и железа в тканях дерева. По данным С. Рейнкена (1962), при повышении уровня фосфорного питания образуются более крупные листья с меньшей густотой жилкования и более низким содержанием сухого вещества. Такие листья имеют меньшее число устьиц на единицу поверхности, но сохраняют достаточно высокую фотосинтетическую активность [18].

Между тем избыток фосфора, равно как и недостаток этого элемента, – явления относительно редкие, вследствие его сравнительно сильного связывания почвой, с одной стороны, а с другой – незначительной мобильности в почвенной среде и небольшой опасности вымывания.

Имеются данные о том, что черешня незначительно реагирует на фосфорное питание. Даже при низком содержании подвижных форм фосфора в почве не наблюдалось снижения урожайности и его концентрации в листьях. Предполагается, что деревья черешни обладают способностью сохранять достаточные запасы этого элемента в своих тканях в течение длительного времени после снижения его доступных форм в почве [19, 20].

Калий является столь же незаменимым элементом в жизни растений, как азот и фосфор, причем из всех катионов калий необходим растениям в наибольшем количестве. Содержание этого элемента в растениях колеблется в пределах 0,5–5,0 % сухой массы. Калий поглощается корнями в форме катиона K^+ и остается в растении как свободный заряженный ион, образуя лишь слабые связи с протоплазмой. Он имеет большое физиологическое значение в жизни растений, хотя и не входит в состав органических веществ: положительно влияет на интенсивность фотосинтеза, углеводный, азотный и водный обмены растений. В растительном организме выполняет многочисленные функции, хотя и не входит в состав соединений клетки. Калий, воздействуя на важнейшие биологические процессы в клетках растений:

а) повышает фотосинтетическую активность, ускоряя отток ассимилянтов из листьев в плоды;

б) активизирует функционирование более 60 ферментов и ферментных систем;

в) усиливает образование целлюлозы и пектиновых веществ, что увеличивает толщину клеточных стенок, повышая прочность тканей;

г) повышает зимостойкость и засухоустойчивость растений;

д) улучшает сохранность продукции и товарные качества плодов;

е) повышает иммунитет к болезням и вредителям;

ж) усиливает накопление моносахаридов.

Растения потребляют значительное количество калия. Этот элемент, в основном, сосредоточен в растущих молодых тканях, характеризующихся высоким уровнем обмена веществ: меристемах, камбии, молодых листьях, побегах, почках. В молодых листьях калия всегда больше, чем в старых, и молодые растения обычно характеризуются высоким содержанием калия. Содержание калия в листьях и стеблях относительно выравненное. Из старых листьев он может передвигаться в более молодые, то есть использоваться в растении повторно, или реутилизироваться. Передвижению калия из старых листьев в молодые способствует натрий, который может замещать его в тканях растений, завершивших свой рост [21, 22].

Таким образом, функциональная роль калия в растении многосторонняя. Это, по-видимому, связано с тем, что калий регулирует мембранный потенциал клеток и поток веществ через них. При его недостатке происходит множество нарушений в процессах обмена веществ у растений [23]. Дефицит сначала развивается на старых листьях в виде пожелтения или некроза краев листьев (рис. 2). Снижение содержания калия также связано с уменьшением размера плодов и содержания растворимых сухих веществ.

Рис. 2. Листья черешни с симптомами дефицита калия и дефицита калия и фосфора

По мнению некоторых авторов (В. Фидлер, 1983), избыток калия более опасен, чем его недостаток, особенно с точки зрения завязывания плодов и формирования их качества. Основанием этому служит ослабление поглощения растениями кальция и магния, вызванное повышенной концентрацией калия [24].

Характерно, что в период массового плодоношения существенно возрастает вынос калия с урожаем плодов. В этот период плодовые растения на формирование урожая затрачивают в 2–3 раза больше калия, по сравнению с фосфором, и в 1,4–1,8 раза больше, чем азота. Однако диапазон выноса калия с урожаем у разных плодовых и ягодных культур довольно широк. Больше всего на формирование единицы урожая затрачивается калия у черешни. В целом косточковые плодовые породы более восприимчивы к недостатку калия, чем семечковые культуры [25].

Кальций. Накопленный экспериментальный материал дает основание отметить, что кальцию принадлежит важная роль в регулировании многих процессов обмена веществ. Показано, что этот элемент необходим растению еще в фазу прорастания, так как кальций семени не участвует в питании проростка. В растениях этот элемент находится как в свободном, так и в адсорбированном состоянии, его содержание составляет 0,05–0,50 % в расчете на сухую массу. Источником для питания растений служат карбонаты, сульфаты, хлориды, нитраты и другие неорганические соли кальция, а также гумат кальция. Поступает он в растение в виде катиона Ca^{2+c}, а транспирационными потоками далее транспортируется акропетально, в результате его концентрация всегда ниже в молодых листьях, чем в старых.

Роль кальция в развитии растения многосторонняя. Он входит в состав ядра, митохондрий, рибосом, пластид, цитоплазмы, клеточной стенки и других органоидов, включений клетки и необходим для поддержания их структуры. Кальций стабилизирует и входит в состав мембран, поэтому его присутствие необходимо для их нормального функционирования.

Недостаток кальциевого питания проявляется в приостановке роста корней с последующим их побурением и отмиранием кончиков, замедляется общий рост побегов и ствола, верхушечные листья светлеют. Недостаток поступления кальция при формировании плодов резко снижает их качество.

Дефицит кальция связан с растрескиванием и твердостью плодов черешни (Demarty et al., 1984, Christensen, 1996). Плоды с более высоким уровнем кальция имеют сниженную проницаемость кутикулы (Christensen, 1996) и большую прочность клеточной стенки (Glenn and Poovaiah, 1989) [13].

Вредный избыток кальция у растений проявляется так же, как и недостаток цинка, магния, марганца, бора и калия. При избытке кальция растение не может усваивать железо. Появляются признаки хлороза [26, 27].

Магний. В жизни растений магний играет исключительно важную роль. Он входит в состав хлорофилла, фитина, пектина и некоторых других органических веществ. Некоторые функции магния в растении схожи с функциями кальция и калия. Магний вместе с кальцием участвует в построении пектиновых веществ клеточных стенок.

Общее содержание магния в растениях в расчете на сухую массу составляет 0,05–0,50 %. Содержится в клетке в виде свободных или адсорбированных ионов, а также в хелатной форме. В растениях более 50 % ионов поступившего магния находится в свободном состоянии, остальное количество выступает как обязательный компонент (15–20 % от общего содержания магния в растении) в различных соединениях, среди которых важное место занимает хлорофилл.

Недостаток магния вызывает остановку роста и своеобразный хлороз растения – листья становятся пестрыми, участки между жилками бледнеют, а вдоль жилок сохраняется нормальная окраска. Острый же недостаток вызывает у плодовых преждевременный листопад, причем верхушки побегов остаются облиственными [28]. На черешне симптомы дефицита появляются на старых листьях в виде межжилкового хлороза, который может привести к межжилковому некрозу (рис. 3).

Рис. 3. Дефицит магния и калия в черешне

В садоводстве очень часто причиной снижения продуктивности деревьев, получения некачественной продукции, проявления физиологических заболеваний является недостаточная обеспеченность микроэлементами. Они поглощаются в небольших количествах, но, тем не менее, выполняют многочисленные функции, связанные с ростом и развитием плодовых культур. Они участвуют в биосинтезе ферментов, витаминов и призваны улучшать обмен веществ, устранять функциональные нарушения, содействовать нормальному течению физиолого-биохимических

процессов. Под действием микроэлементов возрастает устойчивость растений к бактериальным и грибковым заболеваниям, неблагоприятным факторам окружающей среды.

Недостаточная обеспеченность плодовых деревьев или ягодных кустарников микроэлементами чаще является следствием конкуренции между питательными ионами или результатом их связывания при неблагоприятной реакции почвы.

Следует отметить, что определение потребности растений в микроэлементах по анализу почвы и листьев довольно сложно. В условиях производства гораздо проще вести наблюдение за внешним видом деревьев, и особенно за формой и окраской листьев.

Большую роль в жизнедеятельности играют бор, железо, марганец, цинк.

Бор. Существенный вклад в изучение роли бора для жизнедеятельности растений внесли ученые: М. Я. Школьник (1939), Е. В. Бобко (1940), И. А. Поспелов (1947), Я. В. Пейве (1980) и др. Содержание бора в растениях составляет 1–20 мг/кг сухого вещества. Потребляется он растениями в форме аниона (BO_3^{2-}) в результате пассивного диффузного поступления в корни и под метаболическим контролем [24].

Бор не входит в состав ферментов, но может оказывать влияние на скорость и направленность ферментативных реакций. В частности, он оказывает положительное влияние на активность каталазы, инвертазы, оксидазы, индолилуксусной кислоты, пероксидазы и полифенолоксидазы. Функции бора в растительном организме прежде всего связаны с метаболизмом углеводов; переносом сахаров через мембраны; синтезом ДНК, РНК и фитогормонов; образованием клеточных стенок и развитием тканей. Значительное влияние бор оказывает на фотосинтетическую деятельность растений: увеличивает количество и размер хлоропластов, содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях. Он усиливает интенсивность фотосинтеза в утренние и вечерние часы и снижает негативное влияние на этот процесс высоких температур в дневное время. В связи с улучшением углеводного и белкового обмена растений под влиянием микроэлемента повышается их засухоустойчивость, жаро- и морозостойкость, а также устойчивость к болезням и вредителям [19, 24].

Бор играет важную роль в процессах оплодотворения и плодоношения. Он усиливает прорастание пыльцы, рост пыльцевых трубок и необходим для формирования жизнеспособной пыльцы. Бор также связан с азотным обменом растений. В частности, установлено положительное влияние микроэлемента на поступление азота и включение его в белковые соединения. В период вегетативного роста растений бор способствует увеличению содержания органических соединений фосфора в листьях, стеблях и корнях. Значительно его влияние на поглощение растениями элементов минерального питания. В частности, этот элемент положительно влияет на поглощение и использование растениями калия и кальция. Установлен синергизм бора с марганцем и молибденом.

При недостатке бора нарушается синтез, и особенно передвижение, углеводов, формирование репродуктивных органов, оплодотворение и плодоношение. Показано, что эффективность бора в насаждениях черешни в значительной степени зависит от сорта. В литературных источниках приводятся данные в основном об эффективности осенних некорневых подкормок бором на почвах с низким его содержанием. Авторами отмечается увеличение завязываемости плодов и урожайности черешни под влиянием борных удобрений. В опытах с меченым бором установлено, что при осенних обработках деревьев черешни борными удобрениями, он перемещается из листьев и значительное его количество накапливается в спящих цветковых почках, что способствует увеличению продуктивности растений на следующий год. Обработка бором в начале сентября способствовала ускорению роста пыльцевых трубок в пестиках следующей весной. Т. Н. Дорошенко и др. (2016), в условиях выщелоченных черноземов южного региона России, показано повышение урожайности 15-летних деревьев черешни (на 14–17 %) под влиянием осенних и весенних обработок борной кислотой за счет более эффективного протекания процесса дифференциации цветковых почек. Исследователями показано увеличение концентрации бора в листьях и цветках черешни под влиянием борных удобрений [29].

Применение корневых и некорневых способов внесения борных удобрений оказывало существенное влияние на ряд биохимических показателей черешни. Венгерскими исследователями

Thurzó et al. (2014) выявлено неоднозначное влияние бора на уровень фотосинтетических пигментов в листьях черешни; его повышение при однократной обработке во время цветения и противоположный эффект при двукратных обработках (в период цветения и через 35 дней). При борных обработках снижалось содержание в плодах фенольных соединений, антоцианов и флаваноидов. В Польше Wojcik et al. (2012), напротив, установили положительное влияние корневых и некорневых обработок борными удобрениями на содержание растворимых сухих веществ и антоцианов в плодах черешни [30].

Железо. Участие железа в процессах обмена веществ в растительном организме чрезвычайно велико и отражается на активности и характере метаболизма других потребляемых элементов питания. Оно участвует в окислительно-восстановительных процессах растения, способствует образованию хлорофилла и входит в состав некоторых дыхательных ферментов.

Железо в почве находится в форме ферроалюмосиликатов, окиси и закиси железа и их гидратов. Его недостаток для растений чаще всего проявляется на карбонатных или сильно заизвесткованных почвах, где оно находится в труднодоступном состоянии. На кислых почвах растения могут страдать от недостатка железа при избыточном количестве марганца (М. Н. Язвицкий, 1972). Усилению железного голодания способствует обилие фосфора и малое содержание растворимого калия в почве (А. С. Радов и др., 1978).

Недостаток железа вызывает задержку роста и развития и появление у них хлороза (рис. 4). Пораженные хлорозом молодые деревья могут погибнуть, плодоносящие – перестать плодоносить. При избытке железа тормозится рост, отмирают корни и листья [30].

а *б*

Рис. 4. Симптомы дефицита железа (железный хлороз) (*а*) и цинка (*б*) в черешне

Марганец. Роль марганца в растении во многом подобна роли железа. Эти два элемента частично заменяют друг друга. Впервые на участие марганца в процессах жизнедеятельности растений указывал еще Г. Бертран в 1887 г. Физиологическая роль марганца в жизни растений определяется, прежде всего, его участием в активизации ферментов, участвующих в процессах обмена веществ, синтезе белков и углеводов.

Благодаря способности менять свою валентность марганец участвует во многих окислительно-восстановительных реакциях. Он является регулятором активности железа и способствует переходу закисной его формы в окисную и обратно. Способствуя реоксидации активного двухвалентного железа в трехвалентное, марганец тем самым предохраняет клетку от отравления. Он участвует в биосинтезе хлорофилла и повышает интенсивность фотосинтеза. Ионы марганца принимают активное участие в окислении продуктов карбоновых кислот и, как следствие, в процессе дыхания растений. Марганец выполняет ключевую функцию в биосинтезе и поддержании структуры ДНК в ядре. Он активизирует влияние индолилуксусной кислоты на ростовые процессы. Определенное влияние марганец оказывает на поглощение и включение в обмен веществ эле-

ментов минерального питания, в частности, ускоряет поступление азота в растения и превращение его в органические азотистые соединения. Этот элемент существенно усиливает поглощение растениями фосфора и калия, но снижает поступление цинка, кальция, лития и натрия [31, 32].

Валовое содержание марганца в почвах колеблется от 100 до 4000 мг/кг почвы, подвижной его формы – от 1 до 150 мг. В тяжелых почвах этого элемента больше, чем в легких. Кислые почвы богаче подвижным марганцем, чем выше кислотность, тем больше его переходит в обменную форму. В кислых почвах марганец представлен подвижной двухвалентной формой, в нейтральных и слабощелочных – малодоступными для растений трех- и четырехвалентной формами, поэтому растения на этих почвах испытывают марганцевое голодание (А. М. Артюшин, А. И. Державин, 1984) [33].

При недостатке марганца у черешни наблюдается хлороз нижних более старых листьев, верхние молодые остаются зелеными. Пожелтение идет с краев листа, в то же время ткани у жилок имеют нормальную зеленую окраску. Наряду с хлорозом происходит засыхание и отмирание верхушек веток.

Цинк. Физиологическая роль цинка в жизнедеятельности растений в значительной степени определяется его наличием в составе многих ферментов. Важно его участие в окислительно-восстановительных процессах растений. В частности, установлено усиление восстановительных процессов под воздействием микроэлемента. Цинк принимает активное участие в азотном обмене растений. Его недостаток приводит к значительному накоплению небелковых соединений азота. Улучшение снабжения растений цинком, наоборот, усиливает образование амидов и синтез белка. Цинк принимает активное участие в синтезе ДНК и способствует усилению прочности связи хлорофилла с белком, предохраняя его от преждевременного распада. Последнее приводит к увеличению содержания хлорофилла в листьях и усилению интенсивности процесса фотосинтеза.

Улучшенное питание растений цинком ограничивает избыточное поступление в них фосфора и оказывает положительное влияние на его утилизацию. Элемент участвует в процессах оплодотворения и развития зародыша. Одной из наиболее существенных особенностей физиологической роли цинка является его взаимосвязь с ростовыми веществами. В частности, при его недостатке заметно снижается содержание ауксинов.

В целом цинк оказывает существенное влияние на поступление и содержание в растениях элементов минерального питания. В частности, он способствует более экономному поглощению растениями бора, меди, но уменьшает поступление в них калия, марганца, кадмия, свинца и железа. Цинк повышает устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды. Имеются данные о положительном влиянии его на засухоустойчивость, зимостойкость, а также устойчивость к грибным и бактериальным заболеваниям (А. Х. Шеуджен, М. А. Алешин, 1996). При отсутствии в нужном количестве данного элемента у растений проявляются симптомы цинковой недостаточности – мелколистность (ланцетовидность) и розеточность: на концах побегов образуются очень мелкие розетки желтоватых листьев, позднее отмирающих. На заболевших деревьях образуются мелкие плоды уродливой формы. После 3–4 лет голодания деревья погибают [27, 34].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный выше анализ специальных литературных источников по теме статьи показал, что с помощью отдельных элементов питания, обладающих высокой биологической активностью, можно целенаправленно и точно воздействовать на процессы роста и развития деревьев черешни. Как избыток элементов питания, так и их недостаток ведут к разного рода биологическим и физиологическим реакциям, которые необходимо учитывать при разработке технологий возделывания деревьев черешни.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Звонарев, Н. М. Вишня, черешня. Сорта, выращивание, уход / Н. М. Звонарев. – М. : Центрополиграф, 2011. – 56 с.

2. Царенко, Н. А. Вишня войлочная / Н. А. Царенко, В. П. Царенко // Наука и жизнь. – 2005. – № 6. – С. 45–47.

3. Лактионов, К. С. Частное плодоводство. Косточковые культуры / К. С. Лактионов. – 3-е изд. – СПб. : Лань, 2023. – 124 с.

4. Михеев, А. М. Вишня, черешня / А. М. Михеев, Н. Т. Ревякина. – М. : Издательский дом МСП, 2004. – 112 с.

5. Дерюгин, И. П. Агрохимические основы системы удобрения овощных и плодовых культур : [по спец. «Плодоовощеводство и виноградарство»] / И. П. Дерюгин, А. Н. Кулюкин. – М. : Агропромиздат, 1988. – 269 с.

6. Школьник, М. Я. Микроэлементы в жизни растений / М. Я. Школьник. – Л. : Наука. Л. отд-ние, 1974. – 324 с.

7. Шармазанов, Я. В. Оптимизация минерального питания сортов черешни в условиях орошения / Я. В. Шармазанов // Новое слово в науке. Молодежные чтения 2023 : сб. науч. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф., Ставрополь, 22 сент. 2023 г. / Ставроп. гос. аграр. ун-т, Ин-т агробиологии и природ. ресурсов. – Ставрополь, 2023. – С. 235–239.

8. Шуруба, Г. А. Некорневое питание плодовых и ягодных культур микроэлементами / Г. А. Шуруба. – Львов : Изд-во при Львов. ун-те, 1985. – 175 с.

9. Кидин, В. В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур : учеб. пособие / В. В. Кидин. – М. : Изд-во РГАУ – МСХА, 2009. – 412 с.

10. Корчагин, А. А. Система удобрений : учеб. пособие / А. А. Корчагин, М. А. Мазиров, Н. А. Комарова ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2018. – 116 с.

11. Гусева, Н. К. Плодоводство : учеб. для вузов / Н. К. Гусева, Н. А. Васильева. – СПб. : Лань, 2024. – 148 с.

12. Михайлова, Л. А. Удобрение и диагностика минерального питания плодово-ягодных культур : учеб. пособие / Л. А. Михайлова, М. Г. Субботина, М. А. Алёшин ; М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Перм. гос. аграр.-технол. ун-т им. акад. Д. Н. Прянишникова. – Пермь : ИПЦ «Прокростъ», 2019. – 247 с.

13. Бузоверов, А. В. Южное плодоводство: почвенная агротехника, удобрение, орошение : учеб. пособие для вузов / А. В. Бузоверов, Т. Н. Дорошенко, Л. Г. Рязанова. – 2-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2021. – 128 с.

14. Влияние удобрений и росторегуляторов различной природы на рост и плодоношение черешни и вишни / Т. В. Рябцева, Н. Г. Капичникова, П. А. Турбин, С. Г. Азизбекян // Плодоводство : сб. науч. тр. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2016. – Т. 28. – С. 117–130.

15. Рожкова, А. Н. Физиология и биохимия растений : учеб.-практ. пособие / А. Н. Рожкова, И. М. Мазиров ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2022. – 264 с.

16. Анспок, П. И. Микроудобрения : справ. / П. И. Анспок. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л. : Агропромиздат, 1990. – 354 с.

17. Плодоводство : учеб. пособие для вузов / Н. П. Кривко, Е. В. Агафонов, В. В. Чулков [и др.]. – 4-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2024. – 416 с.

18. Кондаков, А. К. Новая технология удобрения садов с корректировкой доз элементов питания / А. К. Кондаков // Основные итоги и перспективы научных исследований ВНИИС им. И. В. Мичурина (1931–2001 гг.) : сб. науч. тр. – 2001. – Т. 2. – С. 37–48.

19. Справочник по удобрениям для садоводов и огородников / ФГБУ «Центр агрохим. службы «Башкирский» ; под общ. ред. Н. А. Середы. – Изд. 1-е. – Уфа : НВП БашИнком, 2016. – 155 с.

20. Mercik, S. Effect of 65-year static soil fertilization on the growth, fruiting and leaf nutrient status of a tart cherry trees / S. Mercik, K. Slowik, T. Wasowski // Acta Horticulturae. – 1990. – № 274. – P. 331–338.

21. Глухих, М. А. Плодоводство : учеб. пособие для вузов / М. А. Глухих. – СПб. : Лань, 2025. – 124 с.

22. Янчевская, Т. Г. Оптимизация минерального питания растений / Т. Г. Янчевская. – Минск : Беларус. навука, 2014. – 458 с.

23. Плодоводство : учеб. для вузов / Н. П. Кривко, В. В. Турчин, Е. М. Фалынсков [и др.]. – СПб. : Лань, 2023. – 312 с.

24. Кондаков, А. К. Удобрение плодовых деревьев, ягодников, питомников и цветочных культур / А. К. Кондаков ; Всерос. науч.-исслед. ин-т садоводства им. И. В. Мичурина Россельхозакадемии. – 2-е изд., доп. и уточн. – Мичуринск : БИС, 2007. – 327 с.

25. Теория минерального питания: краткий курс лекций для аспирантов направления подготовки 36.01.06 «Сельское хозяйство» / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Сарат. гос. аграр. ун-т им. Н. И. Вавилова ; сост.: В. П. Белоголовцев, Е. А. Нарушева. – Саратов, 2014. – 121 с.

26. Григорцевич, Л. Н. Основы плодоводства : учеб. пособие для студентов специальности 1-75 02 01 «Садово-парковое строительство» / Л. Н. Григорцевич, Ю. М. Полещук, А. И. Блинцов. – Минск : БГТУ, 2004. – 89 с.

27. Дзанагов, С. Х. Агрохимия : учеб. для вузов / С. Х. Дзанагов. – 2-е изд. – СПб. : Лань, 2024. – 376 с.

28. Шеуджен, А. Х. Агрохимия : учеб. пособие / А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Н. С. Котляров. – 2-е изд., перераб. и доп. – Майкоп : Изд-во «Афиша», 2006. – С. 766–852.

29. Влияние сроков применения борной кислоты на генеративную деятельность косточковых культур / Т. Н. Дорошенко, Л. Г. Рязанова, Н. В. Захарчук, Д. В. Максимцов // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2016. – № 41 (5). – С. 121–130.

30. Szucs, E. Effect of nutrient supply on frost hardiness and fruit set of sour cherry flowers and on yield / E. Szucs // Acta Horticulturae. – 1996. – № 410. – 551–554.

31. Бруйло, А. С. Эффективность некорневой подкормки яблони микроудобрениями в плодоносящем саду / А. С. Бруйло, В. А. Самусь, М. И. Сухоцкий // Агропанорама. – 1999. – № 3. – С. 32–34.

32. Бруйло, А. С. Влияние некорневых подкормок микроэлементами на плодообразование, урожайность, продуктивность и периодичность плодоношения яблони / А. С. Бруйло, В. А. Самусь, М. И. Сухоцкий // Международный аграрный журнал. – 1999. – № 3. – С. 25–28.

33. Шеуджен, А. Х. Агрохимические основы применения удобрений / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, С. В. Кизинек. – Майкоп : ОАО «Полиграф-ЮГ», 2013. – 571 с.

34. Sadowski, A. Effects of pre-planting P fertilization in sour cherry orchards / A. Sadowski, E. Jadczuk, B. Jurczak // Acta Horticulturae. – 1995. – № 383. – P. 239–246.

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL SIGNIFICANCE OF SPECIFIC NUTRIENTS IN THE VITAL FUNCTIONS OF SWEET CHERRY (AN ANALYTICAL REVIEW)

A. S. BRUYLO, I. L. OLETSKAYA

Abstract

This analytical review presents literature data on the impact of specific nutrients on the growth and development processes of sweet cherry, which should be taken into account when developing differentiated cultivation technologies for this crop under the soil and climatic conditions of the Republic of Belarus.

Keywords: sweet cherry, fruits, trees, nutrients, plant growth and development processes, deficiency, deficiency symptoms.

Поступила в редакцию 24.03.2025

Раздел 6

НАУЧНЫЕ КОМАНДИРОВКИ, ХРОНИКА, МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОТРАСЛИ ПЛОДОВОДСТВА И ВИНОГРАДАРСТВА ЮГА РОССИИ

С 13 по 22 июля 2022 г. с целью сбора новых интродукционных сортов и форм плодовых, ягодных культур и винограда согласно смете расходов, предусмотренных по обеспечению сохранности и функционирования научного объекта, включенного в Государственный реестр, который составляет национальное достояние, под реестровым номером 6 «Коллекции генетических ресурсов плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда РУП «Институт плодоводства» за счет средств республиканского бюджета на 2022 г. состоялась командировка сотрудников лаборатории генетических ресурсов плодовых, орехоплодных культур и винограда И. Г. Полубятко и В. Н. Устинова в ФГБНУ СКФНЦСВВ, Крымскую ОСС – филиал ВИР и АЗОСВиВ – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ (рис. 1).

ФГБНУ «СКФНЦСВВ». Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия начал свою историю с 1931 г., когда приказом Садвинтреста в станице Славянской на базе совхоза «Сад-Гигант» была организована Северо-Кавказская зональная опытная станция, которая входила в систему Южного НИИ плодово-ягодного хозяйства Киева. В 1932 г. президиум ВАСХНИЛ реорганизовал опытную станцию в Азово-Черноморский краевой укрупненный опорный пункт в составе отделов: агротехники; сортоизучения и селекции; борьбы с вредителями и болезнями; агрохимии и почвоведения. Далее проводился еще ряд реструктуризаций и реорганизаций. В современном виде ФГБНУ СКФНЦСВВ существует с 2017 г., когда в соответствии с Приказом ФАНО РФ от 07.02.2017 г. № 64 ФГБНУ «Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт садоводства и виноградарства» был реорганизован в ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» с присоединением к нему филиалов:

Рис. 1. Здание главного корпуса ФГБНУ СКФНЦСВВ

Анапская зональная опытная станция виноградарства и виноделия – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия (АЗОСВиВ – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ);

Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (КНИИХП – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ);

Дагестанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (ДСОСВиО – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ);

Опытная станция «Гоганская» – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (ОС «Гоганская» – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ).

В ходе командировки состоялась встреча с директором ФГБНУ СКФНЦСВВ доктором экономических наук, профессором Егоровым Евгением Алексеевичем, заместителем директора по научной работе доктором технических наук, профессором Ильиной Ириной Анатольевной и ученым секретарем кандидатом сельскохозяйственных наук Запорожец Натальей Михайловной, в рамках которой проведено обсуждение перспектив сотрудничества в области селекции плодовых и ягодных культур (рис. 2).

Рис. 2. Обсуждение перспектив сотрудничества в области селекции плодовых и ягодных культур с директором ФГБНУ СКФНЦСВВ Е. А. Егоровым (в центре), заместителем директора по научной работе И. А. Ильиной и ученым секретарем Н. М. Запорожец (справа)

Ученый секретарь доктор технических наук, профессор Запорожец Наталья Михайловна рассказала о деятельности ФГБНУ СКФНЦСВВ, структуре и кадрах учреждения.

ФГБНУ СКФНЦСВВ ведет научные исследования в области производства плодовой и ягодной продукции, винограда; питомниководства; виноделия; хранения и переработки плодов и ягод; организации научно-технической деятельности и экономики. Также осуществляет деятельность по проектированию отраслевых технологий и закладке многолетних насаждений; экспертной оценке безопасности, соответствия и качества пищевых продуктов; сертификации пищевой продукции и посадочного материала в системе Госстандарта Российской Федерации. Предоставляет экспертную и консультационную деятельность по профильным областям знаний в научных учреждениях.

Приоритетными направлениями исследований центра являются:

формирование коллекций генетических ресурсов, источников хозяйственно ценных признаков садовых, субтропических культур и винограда;

организация и совершенствование селекционного процесса, создание сортов плодовых, ягодных, орехоплодных, цветочно-декоративных, овощных, субтропических культур и винограда с заданными хозяйственно ценными признаками;

сортоизучение и разработка методов ускоренной оценки селекционного материала;

мониторинг и разработка программных методов управления воспроизводственными процессами;

мониторинг, оценка состояния и охраны окружающей среды в садово-виноградных ландшафтах, разработка методов экологического воспроизводства;

агроэкологическое картирование оптимального размещения садовых культур и винограда по территориям;

разработка организационно-экономических основ ведения садоводства и виноградарства;

совершенствование систем производства посадочного материала и саженцев плодовых, ягодных, орехоплодных, цветочно-декоративных культур и винограда высших категорий качества, карантин интродуцентов;

разработка ресурсосберегающих систем производства, хранения и переработки продукции садоводства, виноградарства и других растениеводческих культур;

теоретическое и экспериментальное обоснование создания экологически безопасных методов оценки качества, безопасности и идентификации сельскохозяйственного сырья и продуктов его переработки;

теоретическое и экспериментальное обоснование создания инновационных технологий подготовки к хранению и хранения сельскохозяйственной продукции, обеспечивающих повышение ее сохранности и снижение потерь;

теоретическое и экспериментальное обоснование создания инновационных технологий производства пищевых добавок биокоррегирующего действия и биологически активных добавок из растительного сырья, в том числе нетрадиционного, и вторичных сырьевых ресурсов;

теоретическое и экспериментальное обоснование создания инновационных технологий производства продуктов питания, в том числе здорового питания: обогащенных, функциональных и специализированных, на основе сырья растительного и животного происхождения;

теоретическое и экспериментальное обоснование создания технологий полифункциональных кормовых добавок на основе растительного сырья для включения в рационы животных и птицы;

теоретическое и экспериментальное обоснование создания инновационных технологий производства органических пищевых продуктов.

Кадровый потенциал центра представлен 260 работниками, из них 151 исследователь, в том числе 18 докторов наук, 72 кандидата наук, академик РАН, 8 профессоров, 13 доцентов.

Заведующий лабораторией агрохимии и мелиорации кандидат сельскохозяйственных наук Фоменко Тарас Григорьевич и научный сотрудник лаборатории питомниководства Ефимова Ирина Львовна рассказали о селекционных достижениях ФГБНУ СКФНЦСВВ и представили выставку яблок сортов селекции центра урожая 2021 г. (рис. 3, 4).

Учеными центра с использованием мирового генофонда успешно ведется селекция плодовых и ягодных культур. Создано и передано в государственное сортоизучение 174 новых сорта плодовых и ягодных культур; 6 перспективных клоновых подвоев яблони; 2 подвоя косточковых культур серии СК (Северный Кавказ); 108 сортов винограда; 9 подвоев винограда.

Работа селекционеров ФГБНУ СКФНЦСВВ направлена на получение сортов с комплексом хозяйственно полезных признаков (засухоустойчивость, урожайность, качество плодов), высокой адаптационной способностью к изменяющимся условиям среды, устойчивостью к болезням и вредителям, устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессовым факторам среды. Приоритет отдается самым засухоустойчивым и крупноплодным формам и сортам плодовых, ягодных культур и винограда.

Проведено общение с сотрудниками структурных подразделений ФГБНУ СКФНЦСВВ (рис. 5).

Рис. 3. Беседа с заведующим лабораторией агрохимии и мелиорации Т. Г. Фоменко (слева) и научным сотрудником лаборатории питомниководства И. Л. Ефимовой (слева)

Рис. 4. Яблоки сортов селекции ФГБНУ СКФНЦСВВ урожая 2021 г.

а *б*

Рис. 5. Беседа с заведующим сектором сортоизучения и селекции косточковых плодовых культур Ю. А. Долей (*а*) и заведующим селекционно-биотехнологической лабораторией С. В. Токмаковым (*б*)

Заведующий лабораторией сортоизучения и селекции винограда кандидат биологических наук Ильницкая Елена Тарасовна представила опытно-селекционный участок (рис. 6) и рассказала об основных направлениях исследований лаборатории:

формирование генетической коллекции, выделение источников биологических, хозяйственно ценных признаков винограда;

организация и совершенствование селекционного процесса, создание сортов с заданными полезными признаками;

применение ДНК-технологий в целях изучения генофонда винограда и решения селекционных задач.

Рис. 6. Посещение опытно-селекционного участка лаборатории сортоизучения и селекции винограда ФГБНУ СКФНЦСВВ

Также Т. Г. Фоменко и И. Л. Ефимова организовали выезд и демонстрацию садовых насаждений ОПХ «Центральное», где возделывается широкий сортимент косточковых и семечковых плодовых культур, в том числе селекции ФГБНУ СКФНЦСВВ (рис. 7–9).

В ходе командировки в ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» проведено обсуждение перспектив сотрудничества в области селекции плодовых и ягодных культур с директором Е. А. Егоровым.

На основании договора о научном сотрудничестве для дальнейшей селекционной работы из ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноде-

Рис. 7. В саду ОПХ «Центральное»

а *б* *в*

Рис. 8. Плоды персика сортов Лайка (*а*), Ветеран (*б*), Ред Хевен (*в*) в саду ОПХ «Центральное»

а *б* *в*

Рис. 9. Плоды яблони сортов Айдаред (*а*), Голден рейнджерс (*б*), Лигол (*в*) в саду ОПХ «Центральное»

лия» получено 38 образцов плодовых и ягодных культур (черенки, саженцы с закрытой корневой системой), в том числе груши – 11, черешни – 9, яблони – 8, сливы – 5, вишни – 2, земляники – 2, крыжовника – 1.

В собственность ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» для дальнейшей селекционной работы и сортоиспытания в почвенно-климатических условиях Краснодарского края Российской Федерации передано 46 образцов (черенки) 6 плодовых культур: 11 – груши, 10 – черешни, 7 – яблони, 6 – сливы домашней, 6 – алычи культурной, 6 – вишни; 9 образцов (саженцы) винограда, 2 – актинидии коломикта, 2 – актинидии аргута, 2 – хеномелеса и 2 (розетки) – земляники садовой.

Крымская ОСС – филиал ВИР. История Крымской ОСС начинается с 1935 г., когда было создано опытно-исследовательское хозяйство по овощным культурам при Крымском консервном комбинате. В этом хозяйстве последовательно проводилась селекционная работа по томатам, сахарной кукурузе, огурцу, а с 1939 г. – по бобовым культурам. Сегодня она является одним из ведущих научных учреждений России по созданию сортов овощных и плодово-ягодных культур (рис. 10).

Рис. 10. У здания главного корпуса Крымской ОСС – филиала ВИР

Во время посещения Крымской ОСС проведено обсуждение перспектив сотрудничества в области селекции плодовых и ягодных культур с директором доктором сельскохозяйственных наук, профессором Ереминым Виктором Геннадьевичем (рис. 11, *б*).

В. Г. Еремин рассказал о деятельности, структуре и достижениях Крымской ОСС. Основные виды деятельности Крымской ОСС:

проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований, направленных на формирование и сохранение в живом виде генетических коллекций плодовых, ягодных, овощных культур и винограда, пополнение коллекций ценными новыми сортами, формами, гибридами, а также их дикорастущими сородичами, в том числе за счет интродукции; разработка и усовершенствование методов изучения растений и ускоренной оценки селекционного материала; комплексное изучение коллекционного и селекционного материала овощных и плодово-ягодных культур, выделение источников и доноров важнейших хозяйственно ценных признаков;

создание сортов овощных, бобовых, плодовых, ягодных культур с заданными хозяйственно ценными признаками; закладка маточных насаждений, выращивание оздоровленного посадочного материала плодовых, ягодных культур и винограда; разработка ресурсосберегающих сортовых технологий возделывания плодовых, ягодных и овощных культур, семеноводства овощных культур, в том числе овощного гороха.

За время существования учреждения ее учеными создан 291 сорт и гибрид овощных и плодово-ягодных культур, из них 198 получили допуск к использованию (районированы), 51 селек-

ционное достижение запатентовано. Только за последние 10 лет в госреестр включены 22 новых сорта. Благодаря высоким хозяйственно ценным достоинствам они получили широкое распространение как в России, так и в странах зарубежья.

В России станция стала ведущим учреждением в работе по созданию клоновых подвоев для косточковых культур. Создание серии подвоев, сочетающих хорошую совместимость с современными сортами различных плодовых культур с адаптивностью к широкому диапазону стрессовых факторов, с легким размножением вегетативным путем или семенами подвоев, различающихся по силе роста привитых деревьев от карликовых до сильнорослых, позволило решить проблему подвоя при создании интенсивных технологий возделывания косточковых культур. По многим параметрам эти подвои превосходят лучшие зарубежные аналоги, что вызывает особый интерес к ним у иностранных фирм, специализирующихся на производстве саженцев косточковых культур. В 2009 г. Крымской ОСС заключены исключительные лицензионные договоры на производственное размножение, продажу и импортирование клоновых подвоев косточковых культур с корпорацией Varieties Internationales (США) с представлением сублицензий в Канаду, Турцию, Новую Зеландию, Австралию, страны Западной Европы, Южной Америки и Африки.

Ежегодно специалистами Крымской ОСС в научных изданиях и средствах массовой информации публикуется до 40 научных статей, монографий, рекомендаций, каталогов и т. д., выполняется порядка 40 консультационных выездов в хозяйства, читается более 50 лекций и докладов.

Проведено обсуждение вопроса по обмену коллекционными сортами винограда со старшим научным сотрудником кандидатом сельскохозяйственных наук Носульчаком Василием Андриановичем (рис. 11, *а*).

Своим опытом по вопросам селекции и сортоизучения косточковых плодовых культур поделился заведующий отделом генетических ресурсов и селекции плодово-ягодных культур доктор сельскохозяйственных наук, профессор Еремин Геннадий Викторович (рис. 11, *в*).

а *б* *в*

Рис. 11. Беседа со старшим научным сотрудником В. А. Носульчаком (*а*); с директором В. Г. Ереминым (слева), заведующим отделом генетических ресурсов и селекции плодово-ягодных культур Г. В. Ереминым (в центре) и заместителем директора В. Н. Подорожным (справа) (*б*); с заведующим отделом генетических ресурсов и селекции плодово-ягодных культур Г. В. Ереминым (*в*)

Заместитель директора кандидат сельскохозяйственных наук Подорожный Владимир Николаевич провел экскурсию по полям питомника и коллекционным садам Крымской ОСС (рис. 12). Рассказал о сортименте культур в питомнике и коллекционном фонде станции. На Крымской опытно-селекционной станции собран крупнейший в России генофонд косточковых плодовых культур – более 5 тыс. генотипов: сорто- и видообразцов, дикорастущих форм, отдаленных гибридов и полиплоидов.

а *б* *в*

Рис. 12. Возле 2-го поля питомника черешни (*а*), на возвышенности коллекционного участка с В. Н. Подорожным (*б*) и в коллекционном саду персика (*в*)

В ходе командировки в Крымскую ОСС проведено обсуждение перспектив сотрудничества в области селекции плодовых и ягодных культур с директором В. Г. Ереминым.

АЗОСВиВ – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ. Анапская зональная опытная станция виноградарства и виноделия является правопреемником Анапского опытного поля по виноградарству, созданного по постановлению Военного Совета Кубанского казачьего войска от 21 июня 1910 г. с целью пропагандирования знаний об эффективном сельскохозяйственном производстве. Так, в Кубанской области было создано шесть образцово-показательных хозяйств с опытными полями, в том числе одно из них винодельческое возле г. Анапы. Данное хозяйство возглавил Журбий Пётр Емельянович, под руководством которого в 1912 г. заложено 10 га виноградников, состоящих из наиболее распространенных в Черноморском округе сортов: Каберне, Алиготе, Семильон, Рислинг, Пино-Гри и нескольких столовых форм. В последующие годы были построены винодельня с винным подвалом, амбар и склад для зерновых продуктов, жилые помещения для работников.

Во время посещения АЗОСВиВ – филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ проведено обсуждение перспектив научного сотрудничества с заместителем директора кандидатом биологических наук Горбуновым Иваном Викторовичем (рис. 13).

Также И. В. Горбунов ознакомил с основными целями деятельности станции – проведение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований, внедрение достижений науки и передового опыта, направленных на получение новых знаний в отрасли виноградарства и виноделия, способствующих технологическому, экономическому и социальному развитию агропромышленного комплекса. И. В. Горбунов рассказал также об ампелографической коллекции станции (рис. 14).

На станции сохраняется генофонд винограда, включающий 4891 генетический сортообразец; создано 68 сортов винограда, 6 подвоев. В настоящее время в Государственный реестр включено 39 сортов, которые возделываются в зоне Северного Кавказа на площади около 3,5 тыс. га.

В активе станции 17 поддерживаемых патентов. За последние пять лет разработаны 4 инструментально-аналитические методики исследования качества посадочного материала винограда, 1 стандарт организации, 8 технологических инструкций; издано 25 монографий, научно-практических и методических пособий и рекомендаций; проведено 40 образовательных и научно-практических семинаров с отраслевыми специалистами и фермерами с общим числом слушателей 700 человек. За годы деятельности разработано более 5 эффективных ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий возделывания винограда в зоне Северного Кавказа.

а *б* *в*

Рис. 13. Научные сотрудники (*б*): *2-я* – Ахмедова Юлия Александровна, *3-й* – Коваленко Александр Григорьевич, *5-й* – Горбунов Иван Викторович (на фото слева направо) возле ампелографической коллекции АЗОСВиВ – филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ

Учеными АЗОСВиВ – филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ разработана программа для ЭВМ – «Автоматизированная система сбора, учета и обработки данных агробиологических и фенологических показателей сортов винограда», предназначенная для маршрутных полевых исследований Анапской ампелографической коллекции при полевом сборе данных о виноградных кустах (рис. 15). Применяется в агрономических и фенологических учетах специалистами научно-исследовательских организаций. Основными функциями программы являются регистрация данных с помощью мобильного цифрового устройства в полевых условиях и их передача в облачную базу данных в сети Интернет. Результаты расчета агробиологических и фенологических показателей винограда передаются в реальном времени на цифровые электронные устройства, подключенные к сети Интернет. В программе фиксируются дата и время полевого наблюдения, географические координаты, агробиологические и фенологические показатели обследования и фото куста.

Заведующим лабораторией виноградарства и виноделия кандидатом сельскохозяйственных наук, доцентом Дергуновым Александром Вячеславовичем был организован мастер-класс по де-

а *б* *в*

Рис. 14. Виноград сортов Агат Донской (*а*), Сириус АЗОС (*б*), Совиньон блан (*в*) ампелографической коллекции АЗОСВиВ – филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2022665023

Автоматизированная система сбора, учета и обработки данных агробиологических и фенологических показателей сортов винограда

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия" (RU)*

Авторы: *Лукьянов Алексей Александрович (RU), Орлов Виталий Александрович (BY)*

Заявка № 2022664328
Дата поступления 27 июля 2022 г.
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ *09 августа 2022 г.*

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

Рис. 15. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

густации вин популярных и перспективных сортов винограда из коллекции Анапской зональной опытной станции виноградарства и виноделия (рис. 16).

а

б

Рис. 16. Мастер-класс по дегустации вин популярных и перспективных сортов винограда коллекции АЗОСВиВ – филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ заведующим лабораторией виноградарства и виноделия А. В. Дергуновым (*б*)

Александр Вячеславович рассказал о столовых сортах винограда, обладающих экологической пластичностью, высоким качеством урожая и различными сроками созревания для создания конвейера свежего винограда на весь курортный сезон.

В ходе командировки в Анапскую зональную опытную станцию виноградарства и виноделия проведено обсуждение перспектив сотрудничества в области селекции винограда с заместителем директора И. В. Горбуновым и подписан договор о научном сотрудничестве между республиканским научно-производственным дочерним унитарным предприятием «Институт плодоводства» (Беларусь) и Анапской зональной опытной станции виноградарства и виноделия – филиалом федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Россия) сроком на пять лет от 18.08.2022. Для дальнейшей селекционной работы из Анапской зональной опытной станции виноградарства и виноделия был получен посадочный материал (саженцы) сорта винограда Сириус АЗОС.

ПОЛУБЯТКО Илья Геннадьевич,
заведующий лабораторией генетических ресурсов
плодовых, орехоплодных культур и винограда,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

УСТИНОВ Владимир Николаевич,
старший научный сотрудник
лаборатории генетических ресурсов плодовых,
орехоплодных культур и винограда

НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОТРАСЛИ ПЛОДОВОДСТВА И ВИНОГРАДАРСТВА КРЫМА

ФГБУН «НБС – ННЦ РАН». С 22 по 29 июля 2024 г. с целью сбора новых интродукционных образцов плодовых и ягодных культур в рамках выполнения плана мероприятий по обеспечению сохранности и функционирования научного объекта «Коллекции плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда РУП «Институт плодоводства», включенного в Государственный реестр научных объектов, которые составляют национальное достояние (№ 6 в реестре), состоялась командировка сотрудников лаборатории генетических ресурсов плодовых, орехоплодных культур и винограда И. Г. Полубятко, В. Н. Устинова и лаборатории генетических ресурсов ягодных культур М. Л. Пигуль в федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» (Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита).

Никитский ботанический сад основан в 1812 г. ученым-биологом Христианом Стевеном и является одним из старейших научно-исследовательских учреждений России. Сад был призван способствовать ускоренному развитию сельскохозяйственного производства юга страны на основе интродукции, акклиматизации, селекции и широкого распространения южных плодовых, цветочных, декоративных, новых технических, лекарственных и других полезных растений, изучения и активного использования местных растительных ресурсов. В целях быстрого обогащения сельскохозяйственного производства новыми растениями были установлены прочные деловые и научные связи с ведущими ботаническими учреждениями Европы, Азии и Америки. Это позволило собрать уникальные коллекции видов, сортов и форм различных культур.

Никитский ботанический сад является родоначальником таких новых отраслей народного хозяйства, как южное декоративное садоводство, южное и субтропическое плодоводство, виноградарство, эфирномасличное растениеводство и табаководство (рис. 1).

Рис. 1. У здания главного корпуса ФГБУН «НБС – ННЦ РАН»: И. Г. Полубятко (слева), М. Л. Пигуль (в центре), В. Н. Устинов (справа)

Во время командировки проведено обсуждение перспектив научного сотрудничества с заместителем директора по науке доктором биологических наук Шевчук Оксаной Михайловной и заведующим отделом плодовых культур кандидатом биологических наук Корзиным Вадимом Валерьевичем (рис. 2).

Рис. 2. Заместитель директора по науке О. М. Шевчук (крайняя справа)
и заведующий отделом плодовых культур В. В. Корзин (крайний слева)

Ведущий научный сотрудник лаборатории южных плодовых и орехоплодных культур доктор сельскохозяйственных наук Горина Валентина Милентьевна и научный сотрудник лаборатории южных плодовых и орехоплодных культур кандидат сельскохозяйственных наук Месяц Наталья Васильевна рассказали о селекционных достижениях, генетических коллекциях, структурных подразделениях и научно-производственной деятельности ФГБУН «НБС – ННЦ РАН» (рис. 3).

Рис. 3. Слева направо: В. Н. Устинов, В. В. Корзин (заведующий отделом плодовых культур), Р. О. Андреев (младший научный сотрудник отдела плодовых культур), В. М. Горина (ведущий научный сотрудник лаборатории южных плодовых и орехоплодных культур), И. Г. Полубятко, М. Л. Пигуль

В настоящее время Никитский ботанический сад является Национальным научным центром, где трудится более сотни научных сотрудников. Это уникальное хранилище не только декоративных растений, но и южных плодовых деревьев, место селекции высокоурожайных плодовых сортов, культур для фитореабилитации, эфиромасличного растениеводства, технологий получения продукции, обогащенной биологически активными веществами. В питомниках сада выращивают разнообразный посадочный материал.

В структуру ФГБУН «НБС – ННЦ РАН» входят:

отдел дендрологии, цветоводства и ландшафтной архитектуры;

отдел плодовых культур;

отдел технических культур и биологически активных веществ;

отдел геномных и постгеномных технологий в растениеводстве;
отдел природных экосистем;
отдел информации, стандартизации и патентно-лицензионной работы;
институт садоводства Крыма;
отделение агротехники и питомниководства декоративных растений «Приморское»;
представительство ФГБУН «НБС – ННЦ РАН» в Сирии;
представительство ФГБУН «НБС – ННЦ РАН» в г. Москве;
Курчатовский геномный центр;
УНУ «ФИТОБИОГЕН».

Важной частью заповедного фонда Никитского ботанического сада являются генофондовые коллекции плодовых и ягодных культур. Никитский ботанический сад издавна известен в мире как один из крупнейших центров селекции косточковых культур. В результате более 200 лет работ по интродукции и селекции здесь собраны богатейшие коллекции плодовых растений. В настоящее время генофондовые коллекции плодовых и ягодных культур ФГБУН «НБС – ННЦ РАН» включают более 7000 сортов и форм. Они представлены 24 культурами: персик (952 сорта и формы), декоративный персик (116), нектарин (156), абрикос (586), алыча (180), слива (238), черешня (363), вишня (140), яблоня (1365), груша (1216), айва (204), хеномелес (47), миндаль (476), орех грецкий (69), фундук (66), зизифус (127), гранат (325), инжир (269), хурма (123), маслина (229), киви (7), фейхоа (2), малина (32), земляника (28). При сравнении групп плодовых культур по количеству сортов и форм они располагаются в следующем порядке: семечковые (2797), косточковые (2713), субтропические (1082), орехоплодные (611) и ягодные культуры (60).

В настоящее время ФГБУН «НБС – ННЦ РАН» относится к числу известнейших в мире ботанических учреждений и крупнейших коллекций генофонда ценных растений, является единственным в России хранилищем видового и сортового разнообразия южных плодовых культур, включающего более 11 000 сортов персика, абрикоса, алычи, инжира, граната, маслины, зизифуса, черешни, хурмы. Здесь собраны уникальные коллекции декоративных древесных и травянистых растений, насчитывающие более 6000 видов, и богатейшие сортовые и формовые коллекции более 250 ботанических видов эфиромасличных, лекарственных, пряноароматических растений. Впервые введено в культуру более 400 видов новых растений, выведено и передано в народное хозяйство более 800 сортов культурных растений.

Заведующий лабораторией дендрологии, парковедения и ландшафтной архитектуры кандидат биологических наук Герасимчук Владимир Николаевич провел экскурсию по уникальному объекту – арборетуму (дендрарию) (рис. 4). На площади около 40 га сосредоточены коллекции древесных растений мировой флоры. Арборетум Никитского ботанического сада всегда был и остается объектом первостепенного сохранения.

Дендрарий ФГБУН «НБС – ННЦ РАН» насчитывает много уникальных растений. Например, аборигенная фисташка туполистная в возрасте более 1000 лет. Фисташки – деревья-айсберги: их подземная часть в 2–3 раза превышает наземную, что, с одной стороны, позволяет легко обеспечивать себя водой, а с другой – укрепляет горные склоны. Также ее смола (кева) находит применение в изготовлении лекарств, красок, лаков, парфюмерии. Кроме того, произрастают маслина европейская (около 700 лет) и многоствольный тис ягодный (около 500 лет). Старейшее на территории Никитского сада дерево аборигенной крымской флоры – ливанский кедр – священное дерево древнего мира. Характерная черта этого кедра – ярусное расположение ветвей, ароматная розоватая древесина. На территории сада есть еще несколько других древесных растений, достигших весьма почтенного возраста. Среди них в Верхнем парке растет тис ягодный, живущий уже более пяти веков. Еще из достопримечательностей Верхнего парка – секвойядендрон гигантский. На родине, в Северной Америке, они имеют возраст до 4000 лет. А в Нижнем парке, проходя мимо живописной горки с сосной итальянской, растет земляничник крупноплодный. Около «Фонтана слез» – столетний платан восточный.

В коллекции Никитского ботанического сада более 28 тыс. растений со всего мира, из них только 1400 видов деревьев и кустарников, и все они сгруппированы по биоэкологическим признакам. Планировка Никитского ботанического сада оформлена как пейзажный парк, в котором

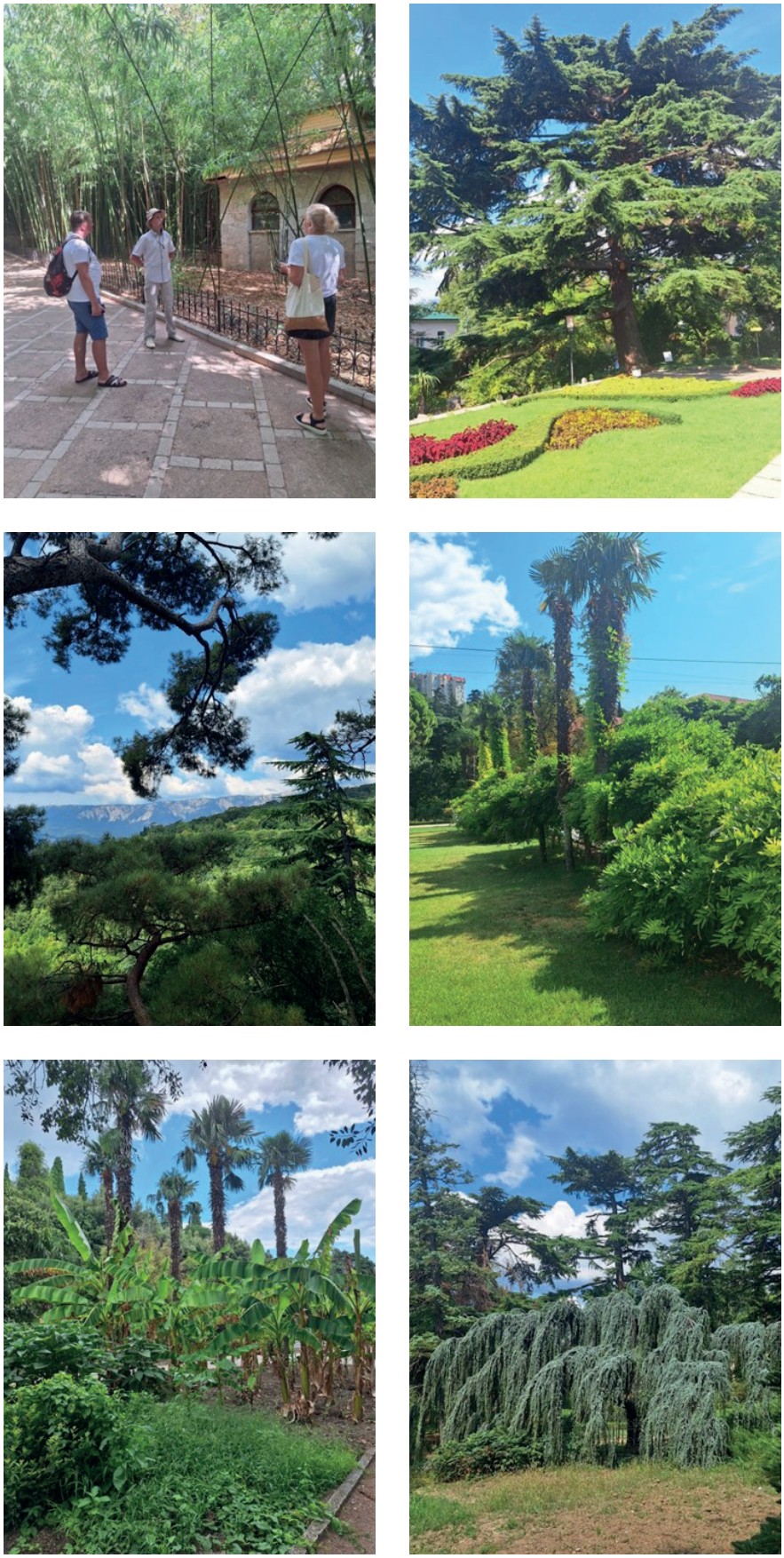


Рис. 4. Арборетум Никитского ботанического сада

подбор флоры выполнялся в сочетаниях, приближенных к естественным природным условиям, присущим данной местности. Роскошные растительные комплексы гармонично сочетаются с элементами ландшафтного дизайна: прогулочными аллеями с каменными лесенками, фонтанами и искусственными водными каскадами, небольшими скульптурами, расставленными между кустов и деревьев. Соотношение типов пространственной структуры ботанического сада: закрытые – 50 %, полуоткрытые – 25 % и открытые – 25 %.

На территории сада расположен научный музей, где можно посмотреть уникальный гербарий, насчитывающий почти 170 тыс. экземпляров, а также декоративные растения XIX–XX вв. И еще есть оранжерея кактусов Никитского ботанического сада. К примеру, здесь есть мексиканские кактусы-долгожители, которым исполнилось без малого 50 лет. На территории сада наряду с сувенирными лавками работают магазины, где можно приобрести семена и саженцы цветов.

Сотрудниками ФГБУН «НБС – ННЦ РАН» была организована ознакомительная экскурсия по уникальной научной установке «Научный центр биотехнологии, геномики и депонирования растений» (УНУ «ФИТОБИОГЕН»), созданной на базе федерального государственного бюджетного научного учреждения «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» в 2019 г. О работе УНУ рассказал руководитель установки кандидат биологических наук Хватков Павел Алексеевич (рис. 5).

Уникальность данной установки обусловлена наличием широкого спектра оборудования, функционирующего в виде единого комплекса, позволяющего решать широкий спектр задач. Коллектив сотрудников, обеспечивающий функционирование УНУ, сформирован на базе научного подразделения ФГБУН «НБС – ННЦ РАН» – отдел геномных и постгеномных технологий в растениеводстве. На базе УНУ возможно проведение биотехнологических и геномных исследований видов, сортов и форм растений, а также депонирование ценных растительных образцов для решения задач интродукции, селекции, размножения и сохранения биоразнообразия растений.

Основной задачей УНУ является проведение научных изысканий для поиска путей регенерации и клонального микроразмножения сельскохозяйственных растений. УНУ «ФИТОБИОГЕН» обладает потенциалом производства 1,5–2,0 млн саженцев в год. В 2020 г. в тестовом режиме впервые в России была произведена партия оздоровленного материала (тестировка осуществлялась методом ОТ-ПЦР) подвоя винограда Кобер 5ББ (50 тыс. шт.), в том числе и для обновления коллекционных насаждений ВНИИВиВ «Магарач». В 2023 г. проведено тиражирование методом клонального микроразмножения 10 тыс. подвоев розы для потребностей ФГБУН «НБС – ННЦ РАН». Ведутся работы по оздоровлению подвоя семечковых культур КА-104. На базе УНУ осуществляется поддержание 37 генотипов винограда, 5 подвоев семечковых и 3 подвоев косточковых культур для закладки будущих маточников у индустриальных партнеров.

В ходе командировки в ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» проведено обсуждение перспектив сотрудничества в области селекции плодовых и ягодных культур с заместителем директора по науке доктором биологических наук Шевчук Оксаной Михайловной и подписано соглашение о научном сотрудничестве между республиканским научно-производственным дочерним унитарным предприятием «Институт плодоводства» (Беларусь) и федеральным государственным бюджетным учреждением науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» сроком на 5 лет от 25.07.2024.

Представителями РУП «Институт плодоводства», на основании договора о научном сотрудничестве, переданы для дальнейшей селекционной работы в собственность ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» 103 образца (черенки) 8 плодовых культур: 25 – яблони, 34 – груши, 15 – черешни, 13 – абрикоса, 2 – алычи культурной, 8 – сливы домашней, 6 – персика; 14 образцов (саженцы, рассада) 7 ягодных культур: 5 – земляники садовой, 2 – смородины черной, 2 – жимолости синей, 2 – актинидии аргута, 1 – хеномелеса японского, 1 – облепихи крушиновидной, 1 – малины летней как генетический материал для селекционной работы и сортоиспытания в почвенно-климатических условиях Республики Крым Российской Федерации.

Рис. 5. Ознакомительная экскурсия по УНУ «ФИТОБИОГЕН»

Из ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» (г. Ялта, Россия) получено 140 образцов (черенки) плодовых и ягодных культур, в том числе 30 – груши, 28 – персика, 15 – сливы, 14 – абрикоса, 10 – нектарина, 10 – черешни, 9 – алычи, 8 – яблони, 6 – айвы, 4 – земляники, 4 – хеномелеса, 1 – кизила, 1 – малины. Также получены семена хеномелеса.

ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН». С целью обсуждения перспектив сотрудничества в области виноградарства и заключения договора о научном сотрудничестве состоялась командировка в федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» Российской академии наук» (ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН») (рис. 6).

Институт виноградарства и виноделия «Магарач» – старейший научный центр в ведении РАН. Магарачское казенное заведение было основано в составе Императорского Никитского сада в 1828 г. по инициативе генерал-губернатора Новороссии и наместника Бессарабии графа М. С. Воронцова согласно указу Николая I от 28.09.1828. Указом предусматривались масштабные меры по развитию садоводства, виноградарства и виноделия в Новороссии и Бессарабии.

В 1840 г. он был выделен в опытное виноградовинодельческое заведение «Магарач». В 1931 г. произошло переименование учреждения в Крымскую зональную опытную станцию виноградарства и виноделия, а в 1936 г. – во Всесоюзную научно-исследовательскую станцию винодельческой промышленности «Магарач». К этому времени «Магарач» имел уже четыре опорных пункта: Степной, Балаклавский, Судакский и Азово-Черноморский, который располагался в Анапе, в Абрау-Дюрсо.

В 1940 г. учреждение стало именоваться Всесоюзным научно-исследовательским институтом виноградарства и виноделия «Магарач», с подчинением Главному управлению винодельческой промышленности СССР.

С этого времени институт становится ведущим научным центром отрасли в Советском Союзе. На его базе организуются многочисленные филиалы.

В 1942 г. в состав Всесоюзного научно-исследовательского института виноградарства и виноделия «Магарач» вошли:

Среднеазиатский филиал с опорными пунктами в Казахской, Киргизской, Туркменской и в Таджикской ССР;

Сочинский опорный пункт;

Отдел ампелографии СССР в Москве;

Отдел шампанских вин при Авчальском шампанском заводе.

Рис. 6. Здание главного корпуса – памятник архитектуры XIX в. ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН»

В 1943 г. в состав института вошли:

Грузинский филиал;

Армянский научно-исследовательский институт виноделия и виноградарства;

Центральная научно-исследовательская лаборатория в Москве;

Средневолжский опорный пункт.

В 1945 г. в состав института вошли также Московский, Кишиневский и Закавказский филиалы, а в 1953 г. – Приморский опорный пункт по виноградарству в г. Владивостоке.

Таким образом, институт, имея разветвленную сеть филиалов и опорных пунктов, охватывал своей деятельностью большинство винодельческих и виноградарских районов Советского Союза, а все ведущие институты по виноградарству и виноделию стран бывшего СССР в свое время были созданы как филиалы института «Магарач».

С 1960 г. Всесоюзный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» был утвержден головным институтом СССР по виноградарству, а в 1964 г. – головным институтом СССР в области виноделия.

В современном виде ФГБУН «ВННИИВиВ «Магарач» РАН» создан 15 декабря 2015 г. на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 7 сентября 2015 г. № 1743-р и является преемником основанного в 1828 г. опытного виноградовинодельческого заведения «Магарач» при Никитском ботаническом саде.

Рис. 7. Ознакомительная экскурсия заведующим лабораторией коньяка В. А. Загоруйко по зданию главного корпуса института и структурным подразделениям ФГБУН «ВННИИВиВ «Магарач» РАН»

Рис. 8. Дегустационный зал ФГБУН «ВННИИВиВ «Магарач» РАН»

В ходе посещения института Загоруйко Виктор Афанасьевич, заведующий лабораторией коньяка, главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НААН, провел экскурсию по зданию главного корпуса, ознакомил с историей ФГБУН «ВННИИВиВ «Магарач» РАН», с действующими отделами и лабораториями, рассказал о главных направлениях в работе организации и его штате (рис. 7).

На сегодняшний день институт обеспечивает все аспекты отрасли: от выращивания винограда до производства винодельческой продукции. В нем функционирует пять научных подразделений:

отделение виноградарства;

отделение виноделия;

селекционно-семеноводческий центр в области виноградарства и питомниководства;

отделение проектирования и внедрения научных разработок;

отделение табаководства.

В «Магараче» созданы, поддерживаются и активно используются четыре уникальные коллекции мирового уровня:

коллекция образцов винограда – форм и сортов различных ботанических родов, видов (ампелографическая коллекция) – 4120 сортообразцов (III место в мире), в том числе 763 образца специальной селекционной коллекции и 3357 образцов базовой коллекции винограда. Ботаническое разнообразие базовой коллекции представлено 3 видами рода *Ampelopsis* Michaux, 2 видами рода *Parthenocissus* Planch., 22 видами рода *Vitis* Linn., 612 сортами межвидового происхождения, 2162 сортами *Vitis vinifera* L. ssp. *sativa* D.C. и т. д. Собраны образцы из виноградарских регионов Европы, Азии, Африки и Северной Америки;

коллекция микроорганизмов виноделия «Магарач» – 943 штамма, 1019 единиц хранения, единственная на постсоветском пространстве, обеспечивающая отрасль промышленно ценными штаммами винных дрожжей;

коллекция сортов табака, 1100 сортообразцов, в том числе более 600 крымских аборигенных сортов;

коллекция вина (энотека) – 41 978 бутылок, в том числе самое старое российское вино – Мускат розовый Магарача 1836 г. выпуска.

Заведующим лабораторией коньяка Загоруйко Виктором Афанасьевичем был представлен дегустационный зал и проведен мастер-класс по дегустации лучших вин Крыма с рекомендациями по гастрономическому сопровождению разных сортов вин (рис. 8).

В институте работает 149 научных сотрудников, из них: 13 докторов, 42 кандидата наук, 4 профессора, 29 старших научных сотрудников и 3 доцента, 1 патентный поверенный РФ.

В ходе посещения ФГБУН «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН» проведено обсуждение перспектив сотрудничества в области виноградарства с директором доктором сельскохозяйственных наук Лиховским Владимиром Владимировичем и подписано соглашение о научном сотрудничестве между республиканским научно-производственным дочерним унитарным предприятием «Институт плодоводства» (Беларусь) и федеральным государственным бюджетным учреждением науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» Российской академии наук» сроком на 5 лет от 26.07.2024.

ПОЛУБЯТКО Илья Геннадьевич,
заведующий лабораторией
генетических ресурсов плодовых,
орехоплодных культур и винограда,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
УСТИНОВ Владимир Николаевич,
старший научный сотрудник
лаборатории генетических ресурсов плодовых,
орехоплодных культур и винограда
ПИГУЛЬ Марина Леоновна,
ведущий научный сотрудник
лаборатории генетических ресурсов
ягодных культур,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ТАДЖИКСКО-БЕЛОРУССКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ ПЛОДОВОДСТВА

Х. И. БОБОДЖАНОВА

Центр биотехнологии Таджикского национального университета,
пр. Рудаки, 17, г. Душанбе, 734025, Таджикистан,
e-mail: bobojankh_7@bk.ru

Дорогие друзья и коллеги, сотрудники РУП «Институт плодоводства»!

Примите наши поздравления со славным юбилеем – 100-летием! РУП «Институт плодоводства», у истоков организации которого стоял известный ученый с мировым именем, академик Николай Иванович Вавилов, сегодня отмечает свой вековой юбилей. Как много было сделано за эти годы: воспитаны высококвалифицированные специалисты, выведены новые сорта плодовых и ягодных культур, разработаны регламенты оздоровления и технологии выращивания безвирусного посадочного материала. А как много предстоит еще сделать... Научное плодоводство Беларуси давно пересекло границы страны, активно распространяя свой опыт и передавая его коллегам. В этом неоценим вклад каждого сотрудника РУП «Институт плодоводства»!

Дорогие друзья и коллеги, сотрудники РУП «Институт плодоводства», искренне желаем вам всем неиссякаемой энергии, энтузиазма, новых творческих идей и свершений, надежных партнеров, интересных научных проектов, новых сортов. Будьте все здоровы и счастливы!

Центр биотехнологии организован Приказом ректора ТНУ 29 декабря 2009 г. на основании Решения Правительства Республики Таджикистан «Об организации Центра биотехнологии в Таджикском национальном университете» (рис. 1).

Рис. 1. Церемония официального открытия Центра биотехнологии (9 декабря 2011 г.)

В сентябре 2012 г. Центр биотехнологии Таджикского национального университета посетила делегация ректоров вузов Республики Беларусь, которую возглавлял Министр образования Сергей Александрович Маскевич (рис. 2).

Рис. 2. Визит делегации Республики Беларусь (сентябрь 2012 г.)

Визит делегации послужил толчком для развития сотрудничества между учеными Таджикистана и Беларуси. Уже в октябре 2012 г. для налаживания партнерских связей в Беларусь вылетает директор Центра биотехнологии Х. И. Бободжанова. В организации визита большую поддержку оказала Чрезвычайный и Полномочный Посол Республики Беларусь в Республике Таджикистан Ольга Анатольевна Гаврук. В Минске большую помощь в организации встреч оказала заместитель директора Института экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси Тамара Федоровна Сосновская.

За короткую рабочую неделю прошли встречи с руководством и учеными научных подразделений Национальной академии наук Республики Беларусь: Центральный ботанический сад, Институт генетики и цитологии, Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича, Институт биофизики и клеточной биологии, Институт плодоводства, Институт леса (г. Гомель), биологический факультет Белорусского государственного университета (рис. 3). Со всеми вышеназванными учреждениями были подписаны договоры о сотрудничестве, намечены планы мероприятий.

Рис. 3. Встреча с партнерами Беларуси

Особое место в таджикско-белорусском сотрудничестве занял РУП «Институт плодоводства». Первое знакомство с направлениями исследований и достижениями института состоялось благодаря ученому секретарю Марине Сергеевне Шалкевич. Заведующий отделом селекции плодовых культур (с 2017 г. – заведующий лабораторией генетических ресурсов плодовых, орехоплодных культур и винограда) доктор сельскохозяйственных наук, профессор Зоя Аркадьевна Козловская провела экскурсию и рассказала о селекционных работах ученых института.

Знакомство с работами дружного и творческого коллектива отдела биотехнологии РУП «Институт плодоводства», возглавляемого доктором сельскохозяйственных наук, профессором Натальей Валерьевной Кухарчик, стало отправной точкой сотрудничества с молодым Центром биотехнологии Таджикского национального университета (рис. 4). В этот же день директором РУП «Институт плодоводства» доктором сельскохозяйственных наук, профессором Вячеславом Андреевичем Самусем было подписано соглашение о сотрудничестве.

Сотрудничество, начавшееся в октябре 2012 г., активно развивается и продолжается по сей день. Работа выполняется в сотрудничестве с Институтом плодоводства (а именно с отделом биотехнологии) на основании Договора о научном сотрудничестве, подписанного в октябре 2012 г., пролонгированного 30 ноября 2017 г. и в марте 2023 г.

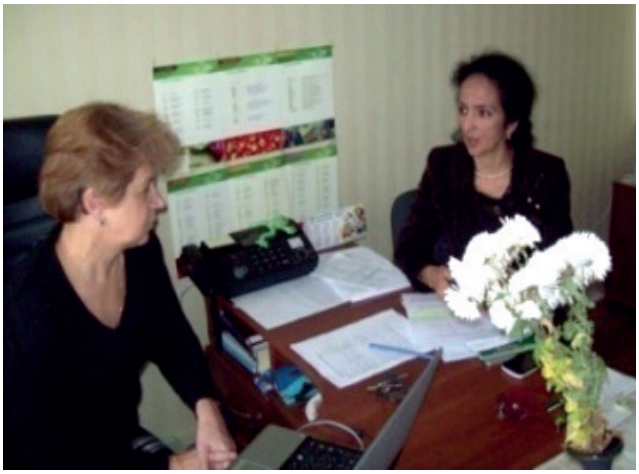


Рис. 4. Первая (судьбоносная) встреча Х. И. Бободжановой и Н. В. Кухарчик (аг. Самохваловичи, октябрь 2012 г.)

За это время проводили совместные исследования по проектам:

«Разработка способа получения и ускоренного размножения оздоровленного посадочного материала местных сортов винограда *in vitro*», 2013–2017 гг., ГР № 0113TJ307;

«Биотехнология производства оздоровленного посадочного материала и создание базовых коллекций оздоровленных растений плодовых и ягодных культур», 2019–2023 гг. ГР 0119TJ00971;

«Выделение и микробиологическая оценка штаммов фитопатогенных бактерий *Pseudomonas syringae*, скрининг устойчивости сортов плодовых культур к бактериальному раку» (договор с БРФФИ № Б19МС-001 от 02.05.2019 г., № госрегистрации 20191758).

По результатам совместных работ опубликовано 30 статей, научно-методические рекомендации, 27 материалов и тезисов конференций. Результаты исследований доложены на 23 научных конференциях, 16 из которых – международного уровня. Результаты совместных исследований внедрены в учебный, научный, производственный процессы, что подтверждено соответствующими актами внедрения.

Подготовлена и защищена докторская диссертация (Х. И. Бободжанова, научный консультант – Н. В. Кухарчик; 27.02.2024 г. на заседании совета по защите диссертаций Д 05.30.01 при УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», г. Горки) (рис. 5), выполняются кандидатские работы.

Рис. 5. Защита диссертации (г. Горки, БГСХА, 27 февраля 2024 г.) и вручение диплома доктора наук В. В. Великановым (VI форум ректоров вузов Беларуси и Таджикистана, г. Душанбе, ноябрь 2024 г.)

На базе отдела биотехнологии РУП «Институт плодоводства» прошли стажировки сотрудники Центра биотехнологии ТНУ – С. Ф. Абдуллалишоева (2013 г.), С. Х. Бабаева (2013 и 2015 гг.),

Ш. К. Ясаулова (2015 г.), М. М. Джураева (2019 г.), Х. И. Бободжанова (2012, 2016, 2017, 2019, 2021, 2023 и 2024 гг.) (рис. 6, 7).

Рис. 6. Первая стажировка молодых сотрудников Центра биотехнологии в отделе биотехнологии РУП «Институт плодоводства». Встреча с директором В. А. Самусем (март 2013 г.)

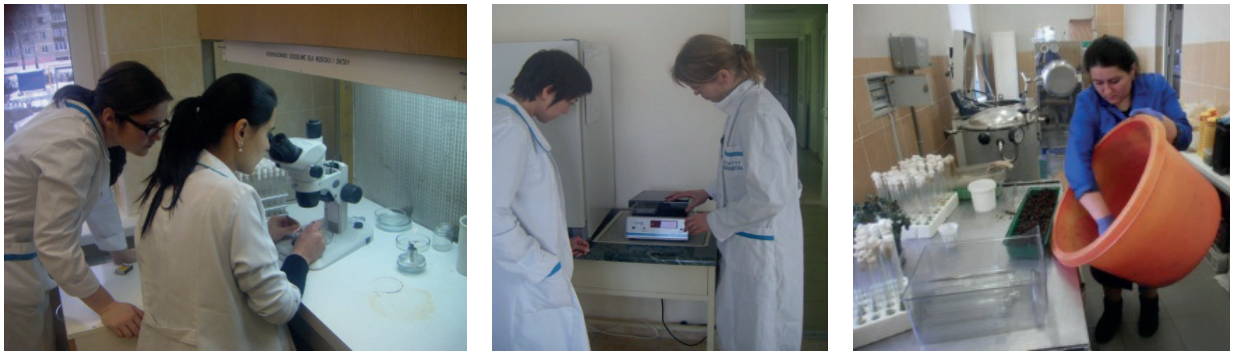


Рис. 7. Молодые ученые Центра биотехнологии ТНУ на стажировке в отделе биотехнологии РУП «Институт плодоводства» (март 2013 г., апрель 2015 г.)

Н. В. Кухарчик, посетившая Центр биотехнологии в 2014 и 2019 гг., ознакомилась на месте, в Таджикистане, с результатами работ по микроклональному размножению винограда, плодовых и ягодных культур (рис. 8).

Рис. 8. Первый визит Н. В. Кухарчик в г. Душанбе (март 2014 г.)

Во время визитов Н. В. Кухарчик в Таджикистан проходили открытые лекции, встречи с преподавателями и студентами, научными сотрудниками Академии наук и Таджикской сельскохозяйственной академии, представителями аграрного сектора, а также знакомство с работой в лабораториях Центра биотехнологии, состоянием садов и виноградников (рис. 9).

Рис. 9. Обследование садов в Таджикистане (июль 2019 г.)

За период сотрудничества выявлены вирусные болезни винограда (GVA, GLRaV-1, GLRaV-2, GLRaV-3, GFkV, GFLV, SLRV, RRV, TBRV и ArMV) в виноградных насаждениях страны. Разработана методика размножения в культуре *in vitro* созданной коллекции сортов винограда: введено в культуру *in vitro* 58 сортов винограда; определен режим стерилизации эксплантов винограда; подобраны питательные среды для культивирования растительных тканей *in vitro*; исследована регенерационная способность эксплантов в зависимости от типа экспланта, времени введения в культуру *in vitro*; определена эффективность введения в культуру *in vitro*; исследовано влияние антибиотиков на снижение контаминации *in vitro*; определены оптимальные условия микроклонального размножения винограда в условиях *in vitro* (53 сорта); выявлена результативность микроразмножения на разных пассажах *in vitro* (53 сорта); определена результативность микроразмножения *in vitro* сортов винограда разных сроков созревания (22 сорта); исследовано влияние концентрации цитокинина на развитие микропобегов винограда *in vitro* (4 сорта); изучена эффективность ризогенеза *in vitro* (48 сортов); изучено влияние концентрации ауксина на ризогенез винограда в культуре *in vitro* (48 сортов); определены элементы оптимизации ризогенеза винограда *in vitro* (4 сорта).

Разработаны способы адаптации пробирочных растений *ex vitro* (50 сортов); системы агротехнических мероприятий выращивания растений-регенерантов винограда в условиях защищенного грунта *in vivo* (21 сорт). Растения винограда, полученные в культуре *in vitro* и адаптированные *ex vitro*, проходят адаптацию в хозяйствах (рис. 10–12, 15–17).

Рис. 10. Виноград, полученный в культуре *in vitro* в фермерском хозяйстве Ходжи Неъмата

Рис. 11. Полученные с использованием микроклонального размножения саженцы винограда сорта Шаартузский черный, 2-й год выращивания в почве на участке Республиканской станции шелководства, Согдийская область (2021 г.)

Рис. 12. Полученные с использованием микроклонального размножения и адаптированных саженцев винограда сорта Шохона на приусадебном участке К. М. Шерова, район Рудаки, Махаллинский совет Рохаты, кишлак Тепаи Самарканди (2023 г.)

Рис. 13. Адаптированные растения-регенеранты малины сорта Бабье лето в открытом грунте на участке К. М. Шерова, район Рудаки, Махаллинский совет Рохаты, кишлак Тепаи Самарканди (2022 г.)

а

б

Рис. 14. Полученные с использованием микроклонального размножения саженцы малины сорта Бабье лето (*а*) и Махалли (*б*), 2-й год выращивания в открытом грунте на участке К. М. Шерова, район Рудаки, Махаллинский совет Рохаты, кишлак Тепаи Самарканди (2023 г.)

Рис. 15. Передача полученных с использованием микроклонального размножения и адаптированных саженцев винограда сорта Шохона директору Национального центра генетических ресурсов ТАСХН (2023 г.)

Рис. 16. Виноград сорта Шохона, полученный микроклональным размножением и адаптированный на опытном участке Национального центра генетических ресурсов ТАСХН (2023 г.)

Рис. 17. Полученные с использованием микроклонального размножения саженцы винограда сорта Шохона на участке в Дехканском хозяйстве «Ходжи Абдурауф», Согдийская область (2023 г.)

Рис. 18. Подвои семечковых культур, переданные Институту садоводства, виноградарства и овощеводства ТАСХН (2024 г.)

В настоящее время проводятся работы по размножению в культуре *in vitro* клоновых подвоев семечковых и косточковых культур, сортов ягодных культур (малина) (рис. 13, 14, 18).

Сотрудничество, начатое в 2012 г., успешно развивается, дает свои ощутимые результаты и, несомненно, должно иметь свое продолжение на благо развития научного плодоводства.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

В изданиях РУП «Институт плодоводства» публикуются результаты экспериментальных и теоретических исследований в области плодоводства. К публикации также принимаются аналитические обзоры, краткие сообщения, информация о симпозиумах, конференциях и событиях в научной жизни, рецензии на книги. Материал научной статьи должен являться оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, и содержать данные исследований не менее чем за два года.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Статьи сопровождаются направлением научного учреждения, актом экспертной комиссии учреждения, где была проведена данная работа, кратким отчетом о проверке статей на оригинальность (не менее 50 %), сформированным программой «Антиплагиат», а также рецензией редакционной коллегии сборника «Плодоводство».

Статьи присылаются в двух экземплярах, напечатанных на персональном компьютере в текстовом редакторе Word на белой бумаге на одной стороне листа формата А4, а также в электронном виде отдельным файлом. Размер полей – 2,5 см со всех сторон листа. Размер шрифта – 12, межстрочный интервал – полуторный, автоматическая расстановка переносов. Объем научной статьи, включая аннотацию, список использованных источников, таблицы, иллюстрации и подписи к ним, должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 тыс. печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.). Иллюстрации вставляются в текст статьи (Word) и предоставляются в виде отдельных файлов в формате tif (600 точек на дюйм), а также в формате оригинала (Corel, диаграммы в Excel, Origin Pro и т. д.), т. е. в той программе, в которой они выполнены.

СТРУКТУРА СТАТЬИ

1. Индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК).

2. Название статьи.

3. Инициалы и фамилия (фамилии) автора (авторов).

4. Полное наименование и адрес учреждения, где работает автор (авторы), с указанием города и страны, адрес электронной почты.

5. Аннотация объемом 100–150 слов.

6. Ключевые слова.

7. Введение.

8. Объекты, условия и методы исследований.

9. Результаты исследований и их обсуждение.

10. Выводы (заключение).

11. Список использованных источников оформляется согласно приказу Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 01.10.2024 № 230, располагается в конце текста, ссылки нумеруются согласно порядку цитирования в тексте, порядковые номера пишутся внутри квадратных скобок. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. В список использованных источников экспериментальной статьи следует включать не более 20 источников, в обзорной статье – не более 50.

Статьи должны быть подписаны всеми авторами. Рукописи, не отвечающие этим требованиям, отклоняются или возвращаются автору (авторам) на доработку. Редколлегия оставляет за собой право сокращать и исправлять рукопись по согласованию с автором.

Статьи следует направлять по адресу: **РУП «Институт плодоводства». Отдел информации, внедрения и маркетинга. Ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь. Телефакс: (017) 506 61 40. E-mail: belhort@belsad.by.**

Научное издание

ПЛОДОВОДСТВО

FRUIT-GROWING

Сборник научных трудов

Основан в 1971 году

Том 37

Редакторы *Т. С. Климович, Н. Ю. Казакова, Т. А. Матох*

Художественный редактор *Ю. П. Барабанова*

Технический редактор *О. А. Ткачёва*

Компьютерная верстка *М. Э. Юреня*

Перевод на английский язык ООО «АВАСФЕРА»

Подписано в печать 14.07.2025. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 44,18. Уч.-изд. л. 36,0. Тираж 150 экз. Заказ 142.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом «Беларуская навука».
Свидетельства о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/18 от 02.08.2013, № 2/196 от 05.04.2017. Ул. Ф. Скорины, 40, 220084, г. Минск.