

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Институт плодоводства



ПЛОДОВОДСТВО FRUIT-GROWING

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Основан в 1971 году

Том 36

Минск
«Беларуская навука»
2024

УДК 634(082)

Плодоводство : сб. науч. тр. / Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.] – Минск : Беларуская навука, 2024. – Т. 36. – 147 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,
Ж. В. Шибут – 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,
Zh. V. Shibut – Responsible secretary, V. A. Kozlov, A. M. Krivorot,
O. I. Rodkin, Zh. A. Rupasova, V. V. Skorina

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, доцент В. Л. Налобова;
доктор сельскохозяйственных наук, доцент В. А. Козлов

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

© Институт плодоводства НАН Беларуси, 2024
© Оформление. РУП «Издательский дом
«Беларуская навука», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Р а з д е л 1. Плодоводство и ягодоводство в Беларуси

<i>Ярмолич С. А., Марудо Г. М.</i> Потенциал зимостойкости сортов яблони зарубежной селекции	5
<i>Капичникова Н. Г., Леонович И. С.</i> Скороплодность и рост деревьев новых сортов яблони белорусской селекции на клоновых подвоях различной силы роста	12
<i>Якимович О. А., Марцинкевич Т. Н., Богдан Т. Н.</i> Калядная – новый белорусский позднеспелый сорт груши	17
<i>Кухарчик Н. В., Колбанова Е. В., Божидай Т. Н.</i> Сравнительный анализ использования ИФА и ПЦР-анализа для диагностики ACLSV и ASPV в тканях семечковых плодовых культур в течение вегетации	26
<i>Кухарчик Н. В., Колбанова Е. В., Божидай Т. Н., Левшунов В. А.</i> Оригинальные репозитории плодовых культур. Способы создания и актуальный сортимент	32
<i>Борисенко М. Н., Васеха В. В.</i> Создание нового исходного материала в селекции сливы домашней	38
<i>Леонович И. С., Капичникова Н. Г.</i> Продуктивность черешни на клоновом подвое ВСЛ-2 в зависимости от высоты окулировки и глубины посадки деревьев при различных схемах размещения	44
<i>Леонович И. С., Капичникова Н. Г.</i> Урожайность сортов черешни на клоновом подвое ВСЛ-2 в интенсивном саду с использованием безвирусного посадочного материала	49
<i>Поух Е. В., Кобринец Т. П., Иванова О. С.</i> Влияние спектрального состава света на рост растений-регенерантов земляники садовой в культуре <i>in vitro</i>	54
<i>Гашенко Т. А., Фролова Л. В., Гашенко О. А.</i> Полиморфизм микросателлитных локусов малины ремонтантной как основа генетической паспортизации сортов	58
<i>Павловский Н. Б., Рупасова Ж. А., Дрозд О. В., Сулим Д. О., Белый П. Н.</i> Влияние погодных условий вегетационного периода на ритмы сезонного развития сортов голубики высокорослой при интродукции в Беларуси	65
<i>Павловский Н. Б., Рупасова Ж. А., Дрозд О. В., Сулим Д. О., Белый П. Н.</i> Оценка регенерационной способности новых сортов голубики высокорослой при вегетативном размножении	74
<i>Красинская Т. А., Божидай Т. Н.</i> Фитосанитарный мониторинг маточных и коллекционных насаждений сортов и гибридов винограда	80
<i>Васеха В. В., Чарнавокая К. А., Барысенка М. М.</i> Селекционная каштоўнасць сеянцаў фундуку ад свабоднага апыльвання сорту Каталонский	91
<i>Грушева Т. П., Ганусенко М. Ю., Левшунов В. А.</i> Рост и развитие фундука в молодом маточнике горизонтальных отводков	96

Р а з д е л 2. Качество, хранение и переработка плодово-ягодной продукции

<i>Дрозд О. В.</i> Влияние периода хранения на срок реализации ягодной продукции голубики высокорослой	101
<i>Курлович Т. В., Азизбеян С. Г., Филипена В. Л.</i> Влияние некорневых обработок микроудобрением <i>Наноплант Са-Si</i> на массу и сроки хранения ягод голубики	106
<i>Новик Г. А., Максименко М. Г., Криворот А. М., Караник О. С., Марцинкевич Д. И.</i> Изготовление сушеного винограда из сортообразцов, выращенных в условиях Беларуси	111

Р а з д е л 3. Обзоры

<i>Радкевич Т. В.</i> Способы вегетативного размножения голубики высокорослой	117
<i>Лагоненко В. Ю.</i> Бактериальный рак плодовых растений (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>)	126

CONTENTS

Section 1. Fruit and small fruit-growing in Belarus

<i>Yarmolich S. A., Marudo G. M.</i> Winter hardiness potential of apple tree varieties of foreign selection	5
<i>Kapichnikova N. G., Leonovich I. S.</i> Early fruiting and growth rate of apple trees of new varieties of Belarusian breeding on clonal rootstock with different growth vigor	12
<i>Yakimovich O. A., Martsinkevich T. N., Bogdan T. N.</i> The Kalyadnaya – a new Belarusian late-ripening pear variety	17
<i>Kukharchik N. V., Kolbanova E. V., Bozhidai T. N.</i> Comparative analysis of the use of ELISA and PCR testing for diagnostics of ACLSV and ASPV in tissues of pome fruit crops during the vegetation growing season	26
<i>Kukharchik N. V., Kolbanova E. V., Bozhidai T. N., Levshunov V. A.</i> Original repositories of fruit crops. Means of creation and current assortment	32
<i>Borisenko M. N., Vasekha V. V.</i> Creation of a new source material for breeding of domestic plum	38
<i>Leonovich I. S., Kapichnikova N. G.</i> Yield of sweet cherry on VSL-2 clonal rootstock depending on the budding height and planting depth of trees under various placement patterns	44
<i>Leonovich I. S., Kapichnikova N. G.</i> Yield of sweet cherry varieties on clonal rootstock VSL-2 in an intensive garden with the use of virus-free planting material	49
<i>Poukh E. V., Kobrinets T. P., Ivanova O. S.</i> The influence of the spectral composition of light on the growth of garden strawberry regenerates in culture <i>in vitro</i>	54
<i>Gashenko T. A., Fralova L. V., Gashenko V. A.</i> Polymorphism of microsatellite loci of primocane raspberry as a basis for genetic certification of varieties	58
<i>Pavlovsky N. B., Rupasova Zh. A., Drozd O. V., Sulim D. O., Bely P. N.</i> The impact of weather conditions of the vegetation period on rhythms of seasonal development of highbush blueberry varieties at the introduction in Belarus	65
<i>Pavlovsky N. B., Rupasova Zh. A., Drozd O. V., Sulim D. O., Bely P. N.</i> Assessment of the regeneration capacity of new varieties of highbush blueberry under vegetative propagation	74
<i>Krasinskaya T. A., Bozhidai T. N.</i> Phytosanitary monitoring of mother and collection plantations of grape varieties and hybrids	80
<i>Vasekha V. V., Charnavokaya K. A., Barysenka M. M.</i> Selective value of hazelnut seedlings obtained from free pollination of the Catalan variety	91
<i>Grusheva T. P., Ganusenko M. Y., Levshunov V. A.</i> Growth and development of hazelnut in a young mother plantation of horizontal layers	96

Section 2. Quality, storage and processing of fruit and small fruit products

<i>Drozd O. V.</i> Impact of storage period on the sales terms of highbush blueberry products	101
<i>Kurlovich T. V., Azizbekyan S. G., Filipenya V. L.</i> Influence of foliar treatments with microfertilizer <i>Nanoplant</i> Ca-Si on weight and shelf life of blueberry	106
<i>Novik G. A., Maksimenko M. G., Krivorot A. M., Karanik O. S., Martsinkevich D. I.</i> Production of dried grapes from varieties grown in the conditions of Belarus	111

Section 3. Reviews

<i>Radkevich T. V.</i> Methods of vegetative propagation of highbush blueberry	117
<i>Lagonenko V. Y.</i> Bacterial canker of fruit plants (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i>)	126

ПЛОДОВОДСТВО И ЯГОДОВОДСТВО В БЕЛАРУСИ

УДК 634.11:631.526.32:631.524.85:632.111.5

**ПОТЕНЦИАЛ ЗИМОСТОЙКОСТИ СОРТОВ
ЯБЛОНИ ЗАРУБЕЖНОЙ СЕЛЕКЦИИ**

С. А. ЯРМОЛИЧ, Г. М. МАРУДО

*РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: yarmolich_sergei@mail.ru, maryganna1957@gmail.com*

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты изучения интродуцированных сортов яблони по важнейшим компонентам зимостойкости с использованием метода искусственного промораживания.

Выделены сорта яблони немецкой селекции Gloster и Celeste, польской – Ligol и Szampion Reno, американской – Early Geneva, обладающие генетическим потенциалом устойчивости по I и IV компонентам зимостойкости, способные в осенне-зимний период выдерживать морозы -20°C и восстанавливать морозоустойчивость при снижении температуры до -25°C после оттепелей в $+7^{\circ}\text{C}$ на уровне стандартного высокозимостойкого сорта Антоновка обыкновенная. При этом повреждение тканей однолетних ветвей и вегетативных почек не превысило 1 балла. Данные генотипы являются ценным селекционным материалом при подборе родительских пар для создания сортов с заданными параметрами и для государственного сортоиспытания.

Ключевые слова: яблоня, сорт, интродукция, зимостойкость, режимы промораживания, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших требований, которому должны удовлетворять выращиваемые в Беларуси сорта яблони, является зимостойкость. Зимой растения испытывают воздействие многих неблагоприятных факторов – морозные повреждения, действие ледяной корки, зимнее иссушение. Среди комплекса признаков зимостойкости садовых растений главное значение имеет свойство морозоустойчивости.

Морозоустойчивость многолетних растений – сложное и динамичное свойство, которое определяется особенностями генотипа, изменяется в онтогенезе и в течение сезона. Развитие морозоустойчивости начинается задолго до наступления морозов и состоит из ряда последовательных этапов [1, 2]. Во второй половине лета и осенью, по мере завершения видимой ростовой активности и перехода в состояние органического покоя, в клетках и тканях протекают подготовительные к закалке процессы. От их своевременного и полного завершения зависит способность растений к последующему закаливанию. Важнейшая составляющая современного облика интенсивного садоводства – высокопродуктивные и устойчивые сорта с максимальной степенью реализации генотипа в конкретных почвенно-климатических условиях, способные адаптироваться в онтогенезе к меняющимся погодным условиям зоны возделывания. В последние годы четко проявляются изменения климата в закономерностях прохождения зимнего и весеннего периодов – наблюдаются аномально теплые зимы с высокой повторяемостью оттепелей и резкими перепадами температур, усилились воздействие и частота поздневесенних заморозков. В связи с этим существующие сорта довольно быстро теряют свою ценность, а использование в селекции одних и тех же исходных форм может привести к получению генетически обедненного

сортимента, поэтому возникает необходимость поиска новых источников и форм селективируемых признаков для повышения эффективности селекционного процесса [1–4].

В настоящее время существует множество методов ускоренной оценки зимо- и морозостойкости растений, которые подразделяются на прямые и косвенные. При использовании прямого метода учитывается непосредственное влияние отрицательных факторов зимнего периода на испытываемые объекты [4, 5]. Косвенный метод основан на выявлении свойств тканей или клеток, которые определяют зимостойкость и коррелируют с ней [2, 6]. Метод искусственного промораживания в лабораторных условиях широко применяют при оценке зимостойкости растений, что позволяет осуществлять контроль за ходом процесса формирования морозостойкого состояния, оценивать уровни устойчивости растений после стрессового воздействия [3].

Интродуцируемые сорта создаются в иных климатических условиях, поэтому они требуют тщательного и всестороннего изучения для обновления сортового состава яблони в нашей стране. Бывает так, что высокозимостойкий сорт у себя на родине оказывается слабоморозостойким при интродукции в другие страны. Поэтому целью наших исследований была оценка сортов яблони зарубежной селекции методом искусственного промораживания для дальнейшего применения в отечественной селекции и отбора передаваемых сортов в государственное сортоиспытание.

ОБЪЕКТЫ, МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в лабораторных условиях и коллекционных насаждениях отдела селекции плодовых культур РУП «Институт плодоводства» в 2021–2023 гг.

Объектом исследований являлись 7 интродуцированных сортов яблони 2016 и 2018 гг. посадки: немецкой селекции – Gloster, Celeste, польской – Ligol, Szampion Reno, чешской – Szampion, американской – Early Geneva и бельгийской – Red Jonaprince, размноженных на семенном подвое (Антоновка обыкновенная) по схеме посадки 4×2 м. Количество растений каждого образца – 5 шт. В качестве стандарта использовали высокозимостойкий сорт Антоновка обыкновенная.

Исследования осуществляли согласно «Генетическим основам и методике селекции плодовых культур и винограда» (Минск, 2019) [1]. Моделирование стресс-факторов для промораживания растительных образцов яблони производили в климатической камере ТМАХ-СТ 408. Для каждого сорта использовали однолетние ветви средней длины, типичные для сорта, которые были заготовлены из средней части кроны с разных сторон дерева. На каждый компонент по сорту заготавливали 3–4 черенка. Растительный материал до промораживания хранили в стационарной холодильной камере при температуре $+2...+3$ °С в сосудах с водой. После промораживания черенки исследуемых образцов для оттаивания и установления характера и степени повреждений подрезали на 2–3 см и помещали в сосуды с водой при температуре $+15...+20$ °С. Длительность оттаивания составляла 8–10 дней.

Однако в связи с изменениями климатических условий в последние 10 лет были смоделированы следующие режимы промораживания:

по I компоненту зимостойкости изучение устойчивости сортов яблони осуществляли путем промораживания однолетних ветвей во второй декаде ноября – первой декаде декабря. Проводили последовательную закалку растительных образцов от $+2$ до -5 °С (продолжительность – 3 сут) с последующим повышением до температуры $+2$ °С (продолжительность – 3 сут). После снижали температуру до -10 °С с выдерживанием образцов в данном температурном режиме в течение 3 сут, затем – до -20 °С с экспозицией 10 ч. Далее следовало повышение до температуры $+2$ °С и выдерживание в таких условиях в течение 24 ч;

по II компоненту зимостойкости изучение устойчивости сортов проводили со второй декады декабря по третью декаду января. Последовательную закалку растительных образцов осуществляли от $+2$ до -5 °С (в течение 3 сут) с последующим повышением до температуры $+6$ °С (в течение 3 ч). После снижали температуру до -10 °С с выдерживанием образцов в данном температурном режиме в течение 3 сут, затем – до -30 °С с экспозицией 10 ч. Далее следовало повышение до температуры $+2$ °С и выдерживание в таких условиях в течение 24 ч;

для определения III компонента (первая – третья декады февраля) проводили последовательную закалку растительных образцов от +2 до –4 °С (выдержка – 3 сут) с последующим повышением до температуры +5 °С (выдержка – 2 сут). После снижали температуру до –10 °С с выдерживанием образцов в данном температурном режиме в течение 3 сут. Далее снова повышали температуру до +6 °С и выдерживали образцы в течение 8 ч, затем снова опускали до уровня –30 °С с экспозицией 10 ч. После этого следовало повышение до температуры +2 °С и выдерживание в таких условиях в течение 24 ч;

по IV компоненту (первая – вторая декады марта) температурный режим изменяли от +2 до –5 °С (выдержка – 3 сут) с последующим повышением до температуры +7 °С (выдержка – 1 сут). После снижали температуру до –10 °С с выдерживанием образцов в данном температурном режиме в течение 2 сут, затем – до –25 °С с экспозицией 6 ч. После этого следовало повышение до температуры +2 °С и выдерживание в таких условиях в течение 24 ч. Скорость повышения или понижения температуры во всех описанных режимах промораживания составила 2 °С в час.

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

В осенне-зимний период 2021–2022 гг. 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 отмечен более теплым, так как норма среднемесячной температуры января была –4,2 °С, а фактическая температура месяца по данным наблюдений составила –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 зимой 2022–2023 гг. были на уровне среднепогодных наблюдений с чередованием оттепельного и морозного периода. 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 различной продолжительности – 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 3-дневной 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.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По I компоненту зимостойкости изучение устойчивости сортов яблони осуществляли путем промораживания однолетних ветвей во второй декаде ноября – первой декаде декабря. В данный период растения могут повреждаться в условиях сильных ранних морозов, способствующих затяжному росту.

В результате исследований установлены незначительные подмерзания только сосудисто-проводящих пучков и почек у сортов Early Geneva, Ligol, Red Jonaprince, Szampion и Szampion Reno (табл. 1).

Таблица 1. Повреждения тканей у сортов яблони в лабораторных условиях при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в осенне-зимний период, балл

Название образца	Почки	Кора	Камбий	Сосудисто-проводящие пучки	Древесина	Сердцевина
Антоновка обыкновенная (стандарт)	0	0	0	0	0	0
Early Geneva	1	0	0	1	0	0
Gloster	0	0	0	0	0	0
Celeste	0	0	0	0	0	0
Ligol	1	0	0	1	0	0
Red Jonaprince	1	0	0	1	0	0
Szampion	1	0	0	1	0	0
Szampion Reno	1	0	0	1	0	0

Понижение температуры до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ без малейшего повреждения исследуемых тканей (0 баллов) перенесли сорта Gloster и Celeste на уровне стандартного сорта Антоновка обыкновенная.

По данным ряда исследователей [3, 7, 8], указывается, что более 90 % из всех зимних повреждений приходится на повреждения максимальными температурами в середине зимы. Способность сорта без повреждений переносить максимальное понижение температуры в зимний период является одним из главенствующих показателей, определяющим возможность его использования в садовых насаждениях.

По II компоненту зимостойкости исследование устойчивости сортов проводили со второй декады декабря по третью декаду января. При изучении зимостойкости сопоставили влияние низких температур ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$) при искусственном промораживании с данными, полученными в полевых условиях при $-20,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Установлено, что при снижении температуры до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ в лабораторных условиях повреждения коры варьировали от 1 до 3 баллов в зависимости от образца яблони. У большинства исследованных сортов подмерзание коры не превысило 1 балла как в полевых, так и в искусственных условиях. Наблюдалось повреждение коры до 3 баллов у сорта Szampion в лабораторных условиях ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$), а в полевых – при $-20,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ – до 1 балла. Почкам, камбию и сосудисто-проводящим пучкам присуща наибольшая степень глубокого переохлаждения в период максимального минимума при $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, их повреждения в полевых условиях были отмечены у сорта Red Jonaprince – до 3 баллов, а в искусственных – до 5, у сорта Szampion в полевых условиях – до 5 баллов, а в искусственных – до 7, у сортов Early Geneva, Gloster, Ligol, Szampion Reno в полевых условиях – до 1 балла, а в искусственных – до 3 (табл. 2).

Таблица 2. Сравнительная оценка повреждений тканей у гибридов яблони в лабораторных ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$) и естественных ($-20,4\text{ }^{\circ}\text{C}$) условиях в 2023 г., балл

Название образца	Наблюдения	Почки	Кора	Сосудисто-проводящие пучки	Камбий	Древесина	Сердцевина
Антоновка обыкновенная (стандарт)	Лабораторные	1	0	1	0	0	0
	Полевые	0	0	0	0	0	0
Early Geneva	Лабораторные	3	1	3	3	1	1
	Полевые	1	1	1	1	1	1
Gloster	Лабораторные	3	1	3	3	1	1
	Полевые	1	1	1	1	1	1
Celeste	Лабораторные	3	1	3	1	1	1
	Полевые	1	1	1	1	1	1
Ligol	Лабораторные	3	1	3	3	1	1
	Полевые	1	1	1	1	1	1
Red Jonaprince	Лабораторные	5	1	5	5	1	1
	Полевые	3	1	3	3	1	1
Szampion	Лабораторные	7	3	7	7	3	3
	Полевые	5	1	5	5	1	1
Szampion Reno	Лабораторные	3	1	3	3	1	1
	Полевые	1	1	1	1	1	1

Высокая морозостойкость коры, сердцевины и древесины (повреждения не более 1 балла) отмечена у большинства изученных сортов, кроме сорта Szampion (3 балла). Установлено, что кора, древесина и сердцевина у преобладающей части изученных образцов яблони развивают более высокую устойчивость к морозам в состоянии глубокого покоя, чем сосудисто-проводящие пучки, камбий и почки.

По III компоненту зимостойкости изучение устойчивости сортов яблони осуществляли путем промораживания однолетних ветвей в первой – третьей декадах февраля. Были выявлены различия между сортами по способности сохранять устойчивость к резким перепадам температуры после оттепелей. Снижение температуры до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ после оттепели в $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$ привело к значительному подмерзанию почек, камбия и сосудисто-проводящих пучков у сортов Red Jonaprince, Szampion, Ligol и Gloster – на 5–7 баллов. Максимальное повреждение тканей коры, древесины и сердцевины (3 балла) отмечено у Red Jonaprince и Szampion. Высокой морозостойкостью (1 балл) обладали ткани коры, древесины и сердцевины у большинства изученных сортов (табл. 3).

Таблица 3. Повреждения тканей у сортов яблони в лабораторных условиях при $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ после оттепели по III компоненту зимостойкости, балл

Название образца	Почки	Кора	Сосудисто-проводящие ткани	Камбий	Древесина	Сердцевина
Антоновка обыкновенная (стандарт)	1	0	1	1	0	0
Early Geneva	3	1	3	3	1	1
Gloster	5	3	5	5	1	1
Celeste	3	1	3	3	1	1
Ligol	5	1	5	5	1	1
Red Jonaprince	7	3	7	7	3	3
Szampion	7	3	7	7	3	3
Szampion Reno	3	1	3	3	1	1

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].

В результате исследований по IV компоненту (первая – вторая декады марта) выявлены незначительные различия между образцами по способности восстанавливать морозостойкость после оттепели. Как следует из приведенных в табл. 4 данных, только у сортов Red Jonaprince и Szampion при $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, после оттепели и повторной закалки, отмечены повреждения почек, сосудисто-проводящих пучков и камбия – на 3 балла, а у остальных сортов – Early Geneva, Gloster, Celeste, Ligol и Szampion Reno – не более 1 балла.

Высокой морозостойкостью обладали ткани коры, древесины и сердцевины у всех изученных сортов, как и у контрольного сорта Антоновка обыкновенная.

Таблица 4. Повреждения тканей у сортов яблони в лабораторных условиях при $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ после оттепели по IV компоненту зимостойкости, балл

Название образца	Почки	Кора	Сосудисто-проводящие пучки	Камбий	Древесина	Сердцевина
Антоновка обыкновенная (стандарт)	0	0	0	0	0	0
Early Geneva	1	0	1	1	0	0
Gloster	1	0	1	1	0	0
Celeste	1	0	1	1	0	0
Ligol	1	0	1	1	0	0
Red Jonaprince	3	0	3	3	0	0
Szampion	3	0	3	3	0	0
Szampion Reno	1	0	1	1	0	0

В результате проведенных исследований выделены сорта яблони Early Geneva, Gloster, Celeste, Ligol и Szampion Reno, обладающие высокой морозостойкостью только по I и IV компонентам зимостойкости и морозостойкие по II компоненту. Данным образцам в осенне-зимний период свойственно выдерживать морозы -20°C и восстанавливать морозоустойчивость при снижении температуры до -25°C после оттепелей в $+7^{\circ}\text{C}$.

Недостаточной устойчивостью к пониженным температурам (повреждения на 5–7 баллов) по II и III компонентам зимостойкости характеризовались сорта Red Jonaprince и Szampion, а также только по III компоненту зимостойкости сорта Gloster и Ligol, не способные переносить резкие перепады температуры до -30°C после оттепели и повторной закалки.

ВЫВОДЫ

Таким образом, проведенные исследования указывают на необходимость предварительного изучения интродуцированных сортов яблони в наших условиях с целью определения целесообразности дальнейшего использования в селекционной работе и включения в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений.

Исследованные сорта яблони немецкой селекции Gloster и Celeste, польской – Ligol и Szampion Reno, американской – Early Geneva сочетают высокие уровни устойчивости только по I и IV компонентам зимостойкости и зимостойки по II компоненту. Данным образцам в осенне-зимний период свойственно выдерживать морозы -20°C и восстанавливать морозоустойчивость при снижении температуры до -25°C после оттепелей в $+7^{\circ}\text{C}$. При этом повреждение тканей однолетних ветвей и вегетативных почек не превысило 1–3 баллов.

Выделенные интродуцированные сорта яблони, обладающие генетическим потенциалом устойчивости по I и IV компонентам зимостойкости, являются ценным селекционным материалом при подборе родительских пар для создания сортов с заданными параметрами и для государственного сортоиспытания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Генетические основы и методика селекции плодовых культур и винограда / З. А. Козловская [и др.] ; под общ. ред. З. А. Козловской. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 249 с.
2. 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 ; разработ.: М. М. Тюрина [и др.] ; под общ. ред. В. И. Кашина. – М. : ВСТИСП, 2002. – 119 с.
3. 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.
4. Кичина, В. В. Селекция плодовых и ягодных культур на высокий уровень зимостойкости (концепция, приемы и методы) / В. В. Кичина. – М. : ВСТИСП, 1999. – 126 с.
5. Кашин, В. И. Научные основы адаптивного садоводства / В. И. Кашин. – М. : Колос, 1995. – 335 с.
6. Резвякова, С. В. Использование метода искусственного промораживания на разных этапах селекционного процесса яблони : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / С. В. Резвякова ; Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства. – М., 1996. – 24 с.
7. Ефимова, Н. В. Ранняя диагностика зимостойкости в селекции яблони : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / Н. В. Ефимова ; Науч.-исслед. зон. ин-т садоводства Нечернозем. полосы. – М., 1984. – 26 с.
8. Квамме, Х. А. Селекция и отбор плодовых растений умеренного климата на морозостойкость / Х. А. Квамме // Холодостойкость растений / пер. с англ. Г. Н. Зверевой, М. М. Тюриной ; под ред. и с предисл. Г. А. Самыгина. – М., 1983. – С. 244–261.

WINTER HARDINESS POTENTIAL OF APPLE TREE VARIETIES OF FOREIGN SELECTION

S. A. YARMOLICH, G. M. MARUDO

Abstract

The article presents the results of studying of introduced apple varieties on the principle components of winter hardiness with the use of artificial freezing method.

The following varieties have been identified: the Gloster and Celeste apple varieties of German selection, the Ligol and Szampion Reno varieties of Polish selection, the Early Geneva variety of American selection, which have the genetic potential for resistance in the I and IV components of winter hardiness, and are also capable of withstanding frosts up to $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ in the autumn-winter period and restoring frost resistance when the temperature drops to $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ after thaws at $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$ at the level of the standard highly winter-hardy Common Antonovka variety. Tissue damage to annual branches and vegetative buds did not exceed 1 point then. These genotypes are valuable breeding material when selecting parental pairs for creating varieties with the specific parameters and for state variety testing.

Keywords: apple tree, variety, introduction, winter hardiness, freezing regimes, Belarus.

Поступила в редакцию 12.04.2024

СКОРОПЛОДНОСТЬ И РОСТ ДЕРЕВЬЕВ НОВЫХ СОРТОВ ЯБЛОНИ БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ НА КЛОНОВЫХ ПОДВОЯХ РАЗЛИЧНОЙ СИЛЫ РОСТА

Н. Г. КАПИЧНИКОВА, И. С. ЛЕОНОВИЧ

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

АННОТАЦИЯ

В саду отдела технологии плодоводства в 2021–2023 гг. проведено изучение скороплодности и силы роста новых белорусских сортов яблони – Аксамит и Паланэз, включенных в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений в 2021 г., Крапач и Ранак, проходящих испытание в Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений, на клоновых подвоях различной силы роста – 54-118 (полукарликовый), М-26 и 62-396 (карликовые).

На второй год после посадки вступили в плодоношение только деревья сорта Аксамит на карликовом подвое 62-396, когда начали плодоносить 100 % учетных деревьев и был получен урожай в среднем 1,65 кг/дер.

На третий год после посадки вступили в плодоношение деревья сортов Крапач и Аксамит на всех изучаемых подвоях, сорта Паланэз – на карликовых подвоях М-26 и 62-396, сорта Ранак – только на карликовом подвое 62-396.

В сортовом разрезе большей силой роста характеризовались деревья сортов Аксамит и Крапач, а наименьшей – деревья сорта Ранак. Более сильнорослыми (по показателям площади поперечного сечения штамба (ППСШ) и прироста ППСШ) были деревья яблони изучаемых сортов на полукарликовом подвое 54-118.

Ключевые слова: яблоня, сорт, подвой, скороплодность, урожайность, сила роста, площадь поперечного сечения штамба, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных условий повышения адаптивности плодоводства является выращивание сортов, которые в конкретных природно-климатических условиях обеспечивают высокие и устойчивые урожаи.

Любое производство плодовой или другой продукции предусматривает быстрый и оптимальный возврат вложенного капитала, получение прибыли. Применительно к товарному производству плодов большое значение имеет время вступления насаждений в плодоношение и темпы нарастания урожайности, что определяет скороплодность сорта.

Временем вступления в плодоношение считается год, когда начали плодоносить не менее 50 % учетных деревьев, которые дают урожай в среднем по сортам не менее 3 кг с дерева на полукарликовых подвоях и 1,5 кг – на карликовых [1].

Как известно, на скороплодность влияют различные факторы, среди них можно назвать внутренние – генетические особенности или свойства, и внешние, как например, использование подвоев, различающихся по их влиянию на привитый сорт [2–9].

МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в 2021–2023 гг. в саду, заложенном однолетними саженцами осенью 2020 г. в отделе технологии плодоводства. Объектами исследования являлись сорта яблони белорусской селекции – Аксамит и Паланэз, включенные в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений в 2021 г., Крапач и Ранак, проходящие испытание в Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений; клоновые подвои различной силы роста – полукарликовый 54-118 и карликовые М-26 и 62-396; схема посадки – 4,0 × 1,5 м, плотность – 1666 дер/га. Повторность вариантов трехкратная, на учетной делянке 10–14 учетных деревьев. Система содержания почвы: в междурядьях – естественный газон с 6–7-кратным скашиванием

травостоя, в приствольной полосе – внесение гербицидов, согласно отраслевым регламентам. Система формирования кроны – стройное веретено [10].

Основные учеты и наблюдения – таксация цветения; учет урожая (кг/дер. и т/га); сила роста деревьев: площадь поперечного сечения штамба (ППСШ) и прирост ППСШ – осуществляли согласно общепринятой методике [11]. Статистическую обработку полученных данных выполняли методом однофакторного дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что в первый год после посадки цветение у сорта Крапач на подвое 54-118 отмечали у 83,3 % учетных деревьев, на второй год – у 64,3 %, на третий год – у 100 % деревьев; на подвое М-26 – у 43,3 %, 30,9 и 93,3 % деревьев; на подвое 62-396 – у 71,6 %, 31,5 и 100 % учетных деревьев соответственно (табл. 1).

Таблица 1. Влияние подвоев на цветение и завязывание плодов деревьев новых сортов яблони белорусской селекции, 2021–2023 гг.

Подвой	Зацвело деревьев, %			Завязали плоды дерева					
				% от цветущих			% от учетных		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Крапач									
54-118	83,3	64,3	100	91,9	92,6	95,2	76,1	59,5	95,2
М-26	43,3	30,9	93,3	0	24,9	93,3	0	23,3	90,0
62-396	71,6	31,5	100	70,0	91,7	100	50,8	28,5	100
Аксаміт									
54-118	66,7	92,9	100	37,6	94,6	88,1	40,5	88,1	88,1
М-26	0	33,3	93,9	0	100	93,3	0	33,3	87,9
62-396	54,6	89,9	100	68,9	100	100	35,2	89,9	100
Ранак									
54-118	100	100	100	0	78,5	80,9	0	78,5	80,9
М-26	93,3	93,3	100	0	52,9	53,3	0	50,0	53,3
62-396	100	100	100	0	69,7	89,1	0	69,7	89,1
Паланэз									
54-118	0	0	67,8	0	0	86,4	0	0	57,1
М-26	0	0	100	0	0	90,0	0	0	90,0
62-396	0	53,5	74,2	0	0	80,0	0	0	59,6

Подсчет завязавшихся плодов у деревьев сорта Крапач, у которых отмечали цветение, показал, что в первый год после посадки завязь на подвое 54-118 отмечали у 91,9 % деревьев, на второй год – у 92,6 %, на третий – у 95,2 % деревьев; на подвое М-26 – у 0 %, 24,9 и 93,3 % деревьев; на подвое 62-396 – у 70,0 %, 91,7 и 100 % деревьев соответственно.

У сорта Аксаміт на подвое 54-118 в первый год после посадки у 66,7 % деревьев зафиксировали цветение, на подвое М-26 цветение деревьев отмечено не было, на подвое 62-396 зацвело 54,6 % деревьев. На второй год после посадки на подвое 54-118 зацвело 92,9 % деревьев, на подвое М-26 – 33,3 %, на подвое 62-396 – 89,9 % деревьев. На третий год после посадки на подвоях 54-118 и 62-396 цветение отмечали у 100 % деревьев, на подвое М-26 – у 93,9 % деревьев.

В первый год после посадки у сорта Аксаміт на подвое 54-118 завязали плоды 37,6 % деревьев, которые зацвели, и на подвое 62-396 – 68,9 % деревьев. На второй год после посадки на подвое 54-118 94,6 % деревьев, которые цвели, сформировали плоды; на карликовых подвоях М-26 и 62-396 плоды завязались на всех деревьях, которые цвели. На третий год после посадки на подвое 54-118, несмотря на 100%-ное цветение деревьев, плоды отмечали только у 88,1 % деревьев, на подвое М-26 – у 93,3 % и на подвое 62-396 – у 100 % деревьев.

У сорта Ранак в первый и второй год после посадки единичные соцветия отмечали у 100 % деревьев на подвоях 54-118 и 62-396, у 93,3 % деревьев – на подвое М-26. На третий год после посадки цветение отмечали у всех привойно-подвойных комбинаций.

В первый год после посадки, несмотря на цветение, завязавшихся плодов не было отмечено у деревьев сорта Ранак на всех подвоях. На второй год после посадки были отмечены плоды на подвое 54-118 у 78,5 % зацветших деревьев, на подвое М-26 – у 52,9 %, на подвое 62-396 – у 69,7 %; на третий год – у 80,9 %, 53,3 и 89,1 % деревьев соответственно.

У сорта Паланэз в первый год после посадки у деревьев на всех подвоях и на второй год на подвоях 54-118 и М-26 цветение отмечено не было. На подвое 62-396 зацвели 53,5 % деревьев, но плоды не завязались. На третий год после посадки цветение на подвое 54-118 отмечали у 67,8 % деревьев, на подвое М-26 – у 100 % и на подвое 62-396 – у 74,2 % деревьев. Плоды при этом завязались на подвое 54-118 у 86,4 % деревьев, у которых отмечали цветение, на подвое М-26 – у 90,0 %, на подвое 62-396 – у 80,0 % цветущих деревьев.

Проведенный учет деревьев, на которых сформировался урожай, по отношению к общему количеству учетных деревьев в варианте, показал, что в первый год после посадки единичные плоды у сорта Крапач на подвое 54-118 были отмечены у 76,1 % деревьев, на подвое 62-396 – у 50,8 % деревьев. У сорта Аксаміт на подвоях 54-118 и 62-396 плоды сформировали менее 50 % учетных деревьев.

На второй год после посадки начали плодоносить не менее 50 % учетных деревьев только у сорта Крапач на подвое 54-118 (59,5 %), у сорта Аксаміт – на подвое 54-118 (88,1 %) и на подвое 62-396 (89,9 %), а у сорта Ранак – на всех изучаемых подвоях (78,5 % – на подвое 54-118, 50,0 % – на подвое М-26 и 69,7 % – на подвое 62-396).

На третий год после посадки у всех изучаемых привойно-подвойных комбинаций урожай сформировался у более 50 % учетных деревьев: у сорта Крапач на подвое 54-118 вступило в плодоношение 95,2 % деревьев, на подвое М-26 – 90,0 % и на подвое 62-396 – 100 %, у сорта Аксаміт – 88,1 %, 87,9 и 100 %, у сорта Ранак – 80,9 %, 53,3 и 89,1 %, у сорта Паланэз – 57,1 %, 90,0 и 59,6 % учетных деревьев соответственно.

У сортов Крапач, Аксаміт и Ранак на карликовом подвое 62-396 отмечали больший процент деревьев, которые зацвели и сформировали плоды, а у сорта Паланэз – на карликовом подвое М-26.

Как видно из данных табл. 2, на второй год после посадки вступили в плодоношение только деревья сорта Аксаміт на карликовом подвое 62-396, когда начали плодоносить 100 % учетных деревьев и был получен урожай в среднем 1,65 кг/дер.

О вступлении в плодоношение на третий год после посадки можно говорить для деревьев сортов Крапач и Аксаміт на всех изучаемых подвоях, когда был получен урожай плодов 15,50–16,60 кг/дер. и 3,50–5,00 кг/дер. соответственно; сорта Паланэз – на карликовых подвоях М-26 и 62-396 (3,45–5,10 кг/дер.); сорта Ранак – на карликовом подвое 62-396 (1,90 кг/дер.).

В пересчете на единицу площади на третий год после посадки максимальная урожайность – более 25 т/га – была получена у сорта Крапач на всех изучаемых подвоях, а самый высокий показатель отмечали у деревьев на подвое 62-396 – 27,66 т/га.

На подвое 62-396 бóльшая урожайность по сравнению с другими подвоями получена также у всех изучаемых в опыте сортов: Аксаміт – 8,33 т/га, Ранак – 3,16 и Паланэз – 8,50 т/га.

Бóльшая сила роста – достоверно бóльшие показатели ППСШ и прироста ППСШ – отмечена у деревьев всех сортов, находящихся в изучении, на полукарликовом подвое 54-118 (табл. 2). Так, на третий год после посадки ППСШ у деревьев сорта Крапач на подвое 54-118 была больше в 2,0 раза, чем на подвое М-26, и в 1,9 раза, чем на подвое 62-396; у деревьев сорта Аксаміт – в 1,5 и 1,6 раза соответственно; у деревьев сорта Ранак – в 2,0 и 1,5 раза соответственно; у сорта Паланэз – в 1,9 раза.

Бóльшая сила роста отмечена у деревьев яблони сортов Крапач, Аксаміт и Паланэз. Более слаборослыми были деревья яблони сорта Ранак – средняя по сорту ППСШ была в 2,0 и более раза меньше, чем у остальных изучаемых сортов. В зависимости от используемого подвоя ППСШ была больше у сортов Крапач (в 1,8–2,4 раза), Аксаміт (в 2,0–2,9 раза) и Паланэз (в 1,6–2,2 раза) в сравнении с сортом Ранак.

Таблица 2. Влияние подвоев на начальное плодоношение и силу роста деревьев новых сортов яблони белорусской селекции, 2021–2023 гг.

Сорт	Подвой	Урожайность			ППСШ, см ²		Прирост ППСШ за 2021–2023, см ²
		кг/дер.		т/га	2020	2023	
		2022	2023	2023			
Крапач	54-118	1,40	15,50	25,89	2,20	19,31	17,11
	М-26	0,26	15,60	25,99	1,20	9,59	8,39
	62-396	0,28	16,60	27,66	1,40	9,99	8,59
	НСР _{0,95}		$F_{\phi} < F_{\tau}$			1,118	
Аксаміт	54-118	1,46	3,50	5,83	2,40	17,73	15,33
	М-26	0,47	4,70	7,83	1,80	11,87	10,07
	62-396	1,65	5,00	8,33	1,70	11,20	9,50
	НСР _{0,95}		$F_{\phi} < F_{\tau}$			2,722	
Ранак	54-118	0,36	1,10	1,83	1,60	8,07	6,47
	М-26	0,12	0,80	1,33	1,00	4,11	3,11
	62-396	0,17	1,90	3,16	1,10	5,47	4,37
	НСР _{0,95}		0,588			0,996	
Паланэз	54-118	0	2,35	3,92	1,80	16,68	14,88
	М-26	0	3,45	5,75	1,20	8,98	7,78
	62-396	0	5,10	8,50	1,40	8,70	7,30
	НСР _{0,95}		1,570			0,434	

ВЫВОДЫ

Установлено, что время вступления в плодоношение (скороплодность) и сила роста деревьев зависели от биологических особенностей изучаемых сортов и подвоев, используемых при выращивании посадочного материала.

Вступили в плодоношение на второй год после посадки сада однолетними саженцами только деревья сорта Аксаміт на карликовом подвое 62-396, когда был получен урожай в среднем 1,65 кг/дер.

На третий год после посадки вступили в плодоношение деревья сортов Крапач и Аксаміт на всех изучаемых подвоях, когда был получен урожай плодов 15,50–16,60 кг/дер. и 3,50–5,00 кг/дер. соответственно; сорта Паланэз на карликовых подвоях М-26 и 62-396 – 3,45–5,10 кг/дер.; сорта Ранак – на карликовом подвое 62-396 (1,90 кг/дер.).

В пересчете на единицу площади на третий год после посадки максимальная урожайность – более 25 т/га – получена у сорта Крапач на всех изучаемых подвоях, а самый высокий показатель отмечен у деревьев на подвое 62-396 – 27,66 т/га. На подвое 62-396 бóльшая урожайность по сравнению с другими получена также у всех изучаемых в опыте сортов: Аксаміт – 8,33 т/га, Ранак – 3,16 и Паланэз – 8,50 т/га.

Сила роста деревьев яблони всех сортов зависела от биологических особенностей сорта и подвоя. Более сильнорослыми (по показателям ППСШ и прироста ППСШ) были деревья яблони сорта Крапач и Аксаміт, более слаборослыми – деревья яблони сорта Ранак. Бóльшая сила роста отмечена у деревьев яблони изучаемых сортов на полукарликовом подвое 54-118.

Меньшую силу роста, более раннее вступление в плодоношение и бóльшую урожайность деревьям новых сортов яблони белорусской селекции обеспечивают клоновые подвои М-26 и 62-396.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Генетические основы и методика селекции плодовых культур и винограда / З. А. Козловская [и др.] ; под общ. ред. З. А. Козловской. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 249 с.
2. Капичникова, Н. Г. Скороплодность различных сорто-подвойных комбинаций яблони / Н. Г. Капичникова // Актуальные проблемы интенсификации плодоводства в современных условиях : материалы междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения д-ра с.-х. наук, проф. А. С. Девятова и 90-летию со дня рождения канд. биол. наук В. Н. Балобина, аг. Самохваловичи, 19–23 авг. 2013 г. / РУП «Ин-т плодоводства» ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2013. – С. 36–39.

3. Леонович, И. С. Продуктивность сортов яблони белорусской селекции на различных по силе роста подвоях при разной плотности посадки деревьев / И. С. Леонович, Н. В. Игнаткова // Актуальные проблемы интенсификации плодородия в современных условиях : материалы междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения д-ра с.-х. наук, проф. А. С. Девятова и 90-летию со дня рождения канд. биол. наук В. Н. Балобина, аг. Самохваловичи, 19–23 авг. 2013 г. / РУП «Ин-т плодородия»; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2013. – С. 30–35.
4. Рябцева, Т. В. Рост и развитие яблони сорта Чараўніца на клоновых подвоях различной силы роста / Т. В. Рябцева // Плодородие Беларуси: традиции и современность : материалы междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию образования РУП «Ин-т плодородия», аг. Самохваловичи, 13–16 окт. 2015 г. / РУП «Ин-т плодородия»; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2015. – С. 283–285.
5. Капичникова, Н. Г. Удельные показатели формирования урожая и скороплодность деревьев яблони сорта Надзейны на слаборослых клоновых подвоях / Н. Г. Капичникова // Плодородие Беларуси: традиции и современность : материалы междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию образования РУП «Ин-т плодородия», аг. Самохваловичи, 13–16 окт. 2015 г. / РУП «Ин-т плодородия»; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2015. – С. 286–288.
6. Капичникова, Н. Г. Скороплодность и удельные показатели формирования урожая у деревьев яблони сортов Имант и Белорусское сладкое на слаборослых подвоях / Н. Г. Капичникова // Селекция и сортоведение садовых культур : сб. науч. работ, Т. 2 : Конкурентоспособные сорта и технологии для высокоэффективного садоводства : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 170-летию ВНИИСПК, Орел, 2–5 июня 2015 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур; редкол.: С. Д. Князев (гл. ред.) [и др.]. – Орел, 2015. – С. 93–95.
7. Леонович, И. С. Пригодность коммерческих сортов яблони на карликовых подвоях к выращиванию по уплотненным схемам / И. С. Леонович, Н. Г. Капичникова // Плодородие : сб. науч. тр. / Ин-т плодородия; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – Т. 34. – С. 12–17.
8. Леонович, И. С. Реализация генетического потенциала и продолжительность продуктивного периода у сортов яблони в интенсивных насаждениях / И. С. Леонович, Н. Г. Капичникова // Плодородие : сб. науч. тр. / Ин-т плодородия; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – Т. 34. – С. 18–23.
9. Леонович, И. С. Продуктивность яблони сорта Весяліна на подвоях различной силы роста / И. С. Леонович, Н. Г. Капичникова // Плодородие Беларуси: от традиций к инновациям : материалы междунар. науч. конф. (аг. Самохваловичи, 18–19 авг. 2022 г.) / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т плодородия; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – С. 98–101.
10. Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посадочного материала : сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси; рук. разработ.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2010. – 520 с.
11. 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. – Орел : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
12. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учеб. пособие / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1979. – 416 с.

EARLY FRUITING AND GROWTH RATE OF APPLE TREES OF NEW VARIETIES OF BELARUSIAN BREEDING ON CLONAL ROOTSTOCK WITH DIFFERENT GROWTH VIGOR

N. G. KAPICHNIKOVA, I. S. LEONOVICH

Abstract

The studies to assess the early fruiting and growth rate of new Belarussian apple varieties, in particular the Aksamit and the Palanez varieties included in the State Register of Agricultural Plant Varieties in 2021, as well as the Krapach and the Ranak varieties, currently being tested by the State Inspectorate for Testing and Protection of Plant Varieties, on clonal rootstock with different growth vigor – 54-118 (semi-dwarf), M-26 and 62-396 (dwarf) were carried out in the garden of Department of Fruit Growing Technology in 2021–2023.

In the second year after planting, only trees of the Aksamit variety on the dwarf rootstock 62-396 began to bear fruit, when 100 % of the accounting trees began to bear fruit and an average yield of 1.65 kg/tree was obtained.

In the third year after planting, trees of the Krapach and Aksamit varieties began to bear fruit on all the studied rootstocks, trees of the Palanez variety began to produce fruits on dwarf rootstocks M-26 and 62-396, and trees of the Ranak variety began to produce fruits only on the dwarf rootstock 62-396.

In the varietal section, trees of the Aksamit and Krapach varieties were characterized by greater growth vigor, while trees of the Ranak variety were characterized by the least growth vigor. The apple trees of the studied varieties on semi-dwarf rootstock 54-118 were more vigorous (in terms of the cross-sectional area of the trunk (CSSA) and the growth rate of the trunk).

Keywords: apple tree, variety, rootstock, early fruiting, productivity, vigor, cross-sectional area of the trunk, Belarus.

Поступила в редакцию 14.03.2024

КАЛЯДНАЯ – НОВЫЙ БЕЛОРУССКИЙ ПОЗДНЕСПЕЛЫЙ СОРТ ГРУШИ

О. А. ЯКИМОВИЧ, Т. Н. МАРЦИНКЕВИЧ, Т. Н. БОГДАН

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

АННОТАЦИЯ

Калядная – новый позднеспелый сорт груши белорусской селекции десертного назначения. Получен в РУП «Институт плодоводства» в результате гибридизации интродуцированных сортов Основ'янська и Jūrate (2007 г.). Сорт скороплодный (вступает в товарное плодоношение на 3-й год на семенном подвое Сеянец Виневки), устойчив к парше и септориозу, средневосприимчив к бактериальному раку, урожайный (21 т/га), способен к длительному сроку хранения плодов (до 120 дней в обычной газовой среде), высоких вкусовых и товарных качеств плодов (средняя масса плода – 210 г, товарность – 95 %). Рентабельность нового сорта – 157 %. Передан на государственное сортоиспытание в 2023 г.

Ключевые слова: груша, селекция, сорт, скороплодность, зимостойкость, устойчивость к болезням, качество плодов, паспорт, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Получение позднеспелых сортов груши высоких вкусовых качеств плодов, способных к длительному хранению, является основной задачей многих мировых селекционных центров.

В Institut national de la recherche agronomique (Франция, г. Анжер) созданы четыре поздних (плоды хранятся до марта-апреля в холодильных хранилищах с нормальной атмосферой) сорта груши: Bautomne/Serenade® (Conference × Doyné d'Hiver), 1990 г., Bauroutard (Dairin) (Passe Crassane × Madame Ballet) [1], Angelys (Doyné d'Hiver × Doyné du Comice) [2] и Seruna/Migo® (Conference × Doyné d'Hiver), 2005 г. Последний сорт имеет длительный срок хранения и активно изучается в Бельгии [3].

В Research and Breeding Institute of Pomology Holovously (Чехия, г. Головоусы) – это сорта Omega, плоды которого хранятся до мая, Beta и Bohemica – до апреля [4].

В Германии, г. Дрезден-Пилниц (Dresden-Pillnitz), – сорт Uta® (Madam Verte × Beurré Bosc) наименее чувствительный к бактериальному ожогу, высококачественный и крупноплодный (280 г), а также зимние сорта Eckehard, Graf Wilhelm/Thimo®, хранящиеся до февраля-марта, David® – до апреля [5]. Последний сорт получен в 2001 г. совместно с чешскими селекционерами. В Bavarian Centre of Pomology and Fruit Breeding (Hallbergmoos) создан поздний (при –1 °C плоды сохраняются до февраля, в РГС – до мая) сорт Alessia®, который к тому же слаборослый, совместим с айвой, скороплодный, устойчив к парше, высокой урожайности, регулярного плодоношения, имеет очень нарядные плоды со сплошным красным покровным румянцем крупного и очень крупного размера [6].

В ACW Agroscope (Швейцария) в 2018 г. создан новый сорт груши CH201/Fred® (Narrow Sweet × Verdi), характеризующийся зимостойкостью, высокой продуктивностью, привлекательными плодами хорошего размера и высоких вкусовых качеств с длительным сроком хранения [7].

На Research Station for Fruit Growing Cluj (Румыния) созданы поздние сорта груши Virgiliu Hibernat (2000), Jubileu 50 (2003), Milenium (2003), сохраняющие свои вкусовые качества до января-февраля. На Fruit Research Station Voinesti (Dambovita), Румыния, получены поздние сорта груши Republica (1973), Euras (1994), характеризующиеся лежкоспособностью плодов до марта, Corina (2003) – до февраля, Orizont (2003) – плоды сохраняются до января [8, 9].

На Pure Horticultural Research Station (Латвия), которая с 2016 г. переименована в LBTU DPP Institute of Horticulture, получен раннезимний сорт Latgale (MD-55-78-2), обладающий хорошим уровнем зимостойкости и устойчивости к болезням, а также длительным сроком хранения плодов (до мая), подходящий для коммерческих садов Балтийского региона [10].

В Centro di Ricerca Olivicoltura, Frutticoltura e Agrumicoltura of Forlì (Италия) в 2012 г. создан сорт груши Falstaff, характеризующийся нарядными яркоокрашенными плодами, способными храниться до 3–4 месяцев [11].

В Oregon State University (США) получен сорт груши Reimer (Max Red Bartlett × Doyenné du Comice), который обладает высокой регулярной урожайностью, привлекательными яркоокрашенными плодами отличного десертного качества, способными к хранению до 8 месяцев [12].

Южно-корейскими селекционерами получен поздний сорт груши Mihwang (Hosui × Okusankichi), производный груши грушелистной (*Pyrus pyrifolia* var. *Culta* Nakai), который характеризуется устойчивостью к болезням (парше, альтернариозу), высоким качеством плодов, крупноплодностью (400–500 г), высоким содержанием РСВ и длительным сроком хранения плодов [13].

Новый высококачественный поздний сорт груши Hanhong (Nanguoli (*Pyrus ussuriensis* Maxim) × Jinsu (*Pyrus bretschneideri* Rehd.)) получен в Pomology Institute of Academy of Agriculture Science of Jilin Province китайскими и канадскими селекционерами (скрещивания проведены в 1986 г., выпущен – в 2003 г.). Отличается адаптивностью, зимостойкостью, устойчивостью к парше (*Venturia pirina* Aderh.) и черной пятнистости (*Alternaria kikuchiana* Tannka), привлекательными крупными (230 г) плодами длительного хранения (до 5 месяцев) [14].

Японскими селекционерами в Institute of Fruit Tree and Tea Science (NIFTS), National Agriculture and Food Research Organization в результате скрещивания в 1998 г. создан новый сорт груши Канта (Kanta), выпущенный в 2013 г., сочетающий в себе устойчивость к болезням, высокое качество плодов и поздний срок созревания [15].

Результатом многолетних исследований селекционеров ФГБНУ ВНИИСПК (Орел, Россия) стали поздние сорта груши Лира (Бере зимняя Мичурина × Fondante des Bois) и Январская (Бере толстобежка × Fondante des Bois) [16], а совместной работой с РГАУ МСХА им. К. А. Тимирязева (Москва, Россия) – позднезимний, устойчивый к болезням (парша, буроватость и септориоз) сорт груши Наша, производный груши песчаной (*P. pyrifolia* (Burm.)) [17].

Поздние сорта груши получены в ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина», г. Мичуринск: Гера, Ника, Новелла, Первомайская, Февральский сувенир, Феерия, Чудесница, Яковлевская [18].

Созданы и изучены в ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» 18 сортов груши зимних сроков созревания, которые характеризуются высокой урожайностью (37,8–46,2 т/га) – Наталка, Виктория Крыма, Мария, Золотая осень, Золушка, Изюминка Крыма, Мрия; крупноплодностью (310–390 г) – Тающая, Наталка, Крымская медовая; высокими вкусовыми качествами плодов (4,8–5,0 балла) – Отечественная, Мрия, Изюминка Крыма, Крымская медовая; привлекательным внешним видом плодов (5,0 балла) – Изюминка Крыма, Мрия, Мария, Незабудка, Изумрудная, Золотая осень; продолжительным периодом хранения плодов (200–210 дней) – Мария, Изумрудная, Салгирская зимняя, Наталка, Изюминка Крыма; высоким составом биохимических показателей (витамины С, общий сахар, абсолютно сухие вещества) в условиях Крыма: Изюминка Крыма, Мрия, Отечественная, Мария [19].

Из зимних сортов груши, выведенных в ФГБНУ «СКЗНИИСиВ» и принятых на государственное и производственное сортоиспытание Российской Федерации, особого внимания заслуживают следующие: Краснодарская зимняя (происхождение неизвестно) 1962 г. создания, Кубанская поздняя (происхождение неизвестно), 1987 г., Шихан (Бере Наполеон × Тулуза), Левен (Александрин Дульяр × Бере Наполеон), 2002 г., последний в лежке сохраняется до апреля (Краснодар, Россия) [20].

В РУП «Институт плодоводства» одним из приоритетных направлений селекционных программ является создание высококачественных сортов позднего срока созревания с использованием современных методов молекулярного маркирования генотипов. Основным инструментом молекулярных методов является идентификация сорта. Согласно данным мировых исследователей, использование идентификации в сочетании с морфологическим анализом обеспечивает более достоверную оценку генетического разнообразия плодовых растений, ускоряя селекционный процесс в целом. Также идентификация имеет юридическую силу, обеспечивая защиту ав-

торских прав селекционных учреждений, позволяет следить за чистотой сорта и соответствием его известному стандарту [21, 22]. Так, последним результатом работы по данному направлению стало получение сортов груши поздних сроков созревания Завея и Калядная [23–25].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Гибридизацию, отбор и изучение гибридных сеянцев в селекционных питомнике и саду, первичное сортоизучение проводили, руководствуясь программами и методиками селекции и сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [26, 27].

Объектом исследований являлся элитный гибрид груши 07-4/33 (Калядная) в саду первичного сортоизучения 2009 г. посадки. Контроль – районированный сорт Белорусская поздняя. Схема размещения деревьев – 4,0 × 2,5 м. Количество изучаемых деревьев – по 10 шт. Подвой – семенной – Сеянец Виневки.

Почва на участке дерново-подзолистая, среднеподзоленная, развивающаяся на мощном лесовидном суглинке. Содержание приствольных полос – гербицидный пар, междурядий – естественная газонная система. Защиту от вредителей и болезней проводили в зависимости от распространения вредителей и развития болезней согласно отраслевому регламенту [28]. Обрезка растений – ежегодная.

Сбор плодов осуществляли во второй половине сентября. Плоды закладывали на хранение в количестве 30 кг в теплоизоляционную холодильную камеру КХП 8.81 (температура – 0...+2 °С, относительная влажность воздуха – 85–95 %) [27].

Потенциальную морозостойкость нового сорта определяли промораживанием однолетних веток в климатической камере ТМАХ-СТ 408 (Китай), используя 9-балльную шкалу: 0 – ткань здоровая, светлая; 1 – окраска ткани желтоватая, имеющая отдельные светло-коричневые пятна; 3 – ткань светло-коричневая; 5 – ткань бурая или коричневая; 7 – ткань темно-коричневая, слоями; 9 – ткань черная [27, 29].

Биохимический анализ свежих плодов выполнен в трехкратной повторности в отделе биотехнологии РУП «Институт плодоводства» следующими методами: сухие вещества – термогравиметрический метод (ГОСТ 28561–90) [30], растворимые сухие вещества – рефрактометрический метод (ГОСТ ISO 2173–2013) [31], титруемая кислотность – титрованием 0,1n раствором NaOH с пересчетом по яблочной кислоте (ГОСТ ISO 750–2013) [32], сахара – по методу Бертрана в модификации Вознесенского [33], пектиновые вещества – карбазольный метод [34], аскорбиновая кислота – спектрофотометрический метод после реакции с α, α-дипиридиллом [35], сумма фенольных соединений – спектрофотометрический метод с использованием реактива Фолина – Дениса [36].

Молекулярно-генетический паспорт сорта составляли с выполнением предварительной оптимизации ряда параметров. ДНК была выделена из листьев груши набором Genomic DNA Purification Kit согласно рекомендованному протоколу. ПЦР проводили на амплификаторе C1000 Touch Thermal Cycler BioRad. Для анализа генетического разнообразия сорта груши были использованы 6 SSR-маркеров: CH01c06, CH02c02b, CH2b12, CH04H02, CH03d12, SdSSR [37]. Маркеры были сгруппированы в наборы по 2 пары с учетом имеющихся сведений об их размерах.

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 (SSR-маркера), ДНК-матрица (20 мкг/мкл) – 0,5 мкл, смесь доводили до объема 10,0 мкл водой Milli-Q®.

Амплификацию с праймерами осуществляли в следующих условиях: I этап – 1 цикл, 94 °С – 3 мин; II этап – 37 циклов: 95 °С – 15 с, 50–60 °С – 30 с, 72 °С – 30 с; III этап – 1 цикл, 72 °С – 5 мин; IV этап – 12 °С – ∞.

Для подтверждения наличия продуктов амплификации предварительно визуализировали в 1,5%-ном агарозном геле в 0,5× TBE-буфере. Далее продукты ПЦР визуализировали в ультрафиолетовом свете. Фрагментный анализ проводили на генетическом анализаторе GenomeLab GeXP Beckman Coulter. В качестве стандарта при отработке экспериментальных параметров ПЦР использовали GenomeLab DNA Size Standard Kit – 600 (Beckman Coulter).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

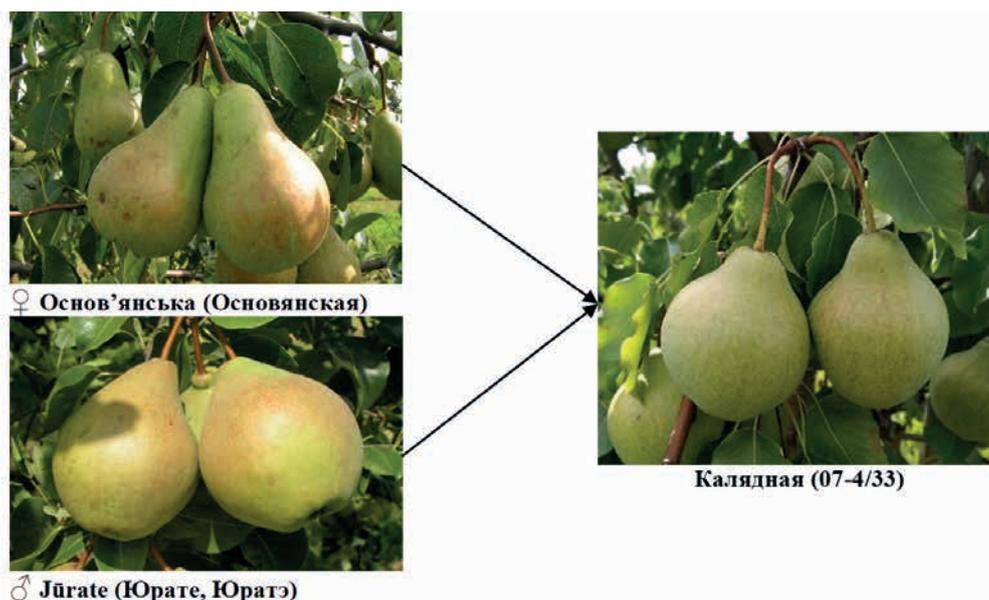
Процесс создания сорта. В происхождении сорта принимали участие лучшие по качеству плодов сорта груши обыкновенной (*Pyrus communis* L.): украинский сорт Основьянская (Основ'янська), информация о происхождении которого утеряна во время Великой Отечественной войны, полученный на Краснокутской ОСС (ранее Краснокутский ОП, 1937–1967 гг.), и литовский сорт Jūrate (Юрате, Юратэ), полученный от гибридизации бельгийского сорта Princesse Marianne (Марианна, Принцесса Марианна) и литовского – Vandyane (Вандяне, Вандене, Ванденистая) на Витенской ОС (см. рисунок).

В 2007 г. в селекционном саду отдела селекции плодовых культур РУП «Институт плодоводства» была проведена межсортная гибридизация интродуцированных сортов груши Основьянская и Юрате в количестве 700 цветков, получено 11 плодов, выделено 9 семян, в питомнике выращено 2 гибридных сеянца, в селекционный сад высажен 1 сеянец. В возрасте 5 лет гибридный сеянец вступил в пору плодоношения. В последующем году был отобран по качеству плодов, в 2014 г. размножен на семенном подвое Сеянец Виневки. По результатам комплексной оценки в саду первичного сортоизучения сеянец 07-4/33 выделен в элиту в 2018 г., а в 2023 г. передан на государственное сортоиспытание Республики Беларусь в качестве нового сорта груши позднего срока созревания под названием **Калядная**. Авторы сорта – О. А. Якимович, М. Г. Мялик и Т. Н. Богдан.

Морфологическое описание сорта. Дерево среднерослое, с раскидистой кроной средней густоты. Побеги коричневые средней толщины; среднее количество чечевичек. Вегетативные почки слегка отклоненные. Молодой побег во время интенсивного роста антоциановую окраску не имеет или имеет очень слабую, опушение слабое.

Листья средней длины и ширины, продолговатые, коротко заостренные, светло-зеленые, гладкие, матовые, с нежной нервацией, опушенность слабая. Пластинка листа вогнутая, направлена горизонтально. Край листа волнистый, пильчатый. Черешок средней длины и толщины. Имеются прилистники. Цветки средних размеров, белые, с перекрывающимися лепестками. Соцветия среднего размера, по 7 цветков. Чашелистики длинные, изогнутые, зелено-коричневые, лепестки средние, отдельно расположенные, широкояйцевидные, с округлым основанием, рыльце на одном уровне с пестиком, ноготок средний или длинный.

Плоды сорта грушевидные и широкогрушевидные, одномерные и выровненные по форме, максимальный диаметр немного ближе к чашечке, правильной и немного ассиметричной формы, поверхность слегка бугристая (см. рисунок).



Происхождение нового сорта груши Калядная

Плодоножка средней длины, тонкая, слегка изогнутая и слегка косо поставленная. Воронка мелкая, средней ширины, неоржавленная или слабооржавленная; чашечка непадающая, открытая; блюдце средней глубины и ширины, слегка ребристое, неоржавленное. Кожица средней толщины, шероховатая, сухая, неоржавленная, тусклая. Окраска плода зеленоватая, в момент потребительской зрелости – светло-зеленая с еле заметным розоватым румянцем без оржавленности. Подкожных точек мало. Они мелкие, зелено-коричневые, слабо заметные. Сердечко среднее, луковичное. Камеры закрытые, большие. Семена средние, яйцевидные, темно-коричневые. Мякоть желто-белая, средней плотности, полумаслянистая, полутающая, мелкозернистая, каменистых клеток мало, сочная. Вкус сладкий с легкой кислинкой, отличный десертный (средняя оценка вкусовых качеств – 8,5 балла). Плоды крупные (средняя масса – 210 г, максимальная – 350 г), привлекательность которых оценена на 8,5 балла (по 9-балльной шкале). Средняя масса плодов контрольного сорта Белорусская поздняя – 120 г, максимальная – 145 г (табл. 1).

Зимостойкость. В период сортоиспытания сорта Калядная наибольший температурный минимум ($-28,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) наблюдался в зимний период 2020–2021 гг. Отмечено подмерзание сердцевинки однолетних веток на 3,0 балла на деревьях на уровне контроля (табл. 2).

Таблица 1. Основные хозяйственно-биологические показатели и экономическая эффективность нового сорта груши Калядная (схема посадки $4,0 \times 2,5$ м, подвой – Сеянец Виневки) на 6-й год (среднее за 2021–2023 гг.)

Показатель	Белорусская поздняя (контроль)	Калядная (07-4/33)
Поражаемость болезнями в эпифитотийный год, балл:		
паршой	5,0	1,0
септориозом	3,0	1,0
бактериальным раком	3,0	3,0
Начало плодоношения, год	3–4-й	3-й
Урожайность, т/га	20	21
Товарность плодов, %	84	95
Цена реализации*, руб/кг	2,73	2,73
Всего затраты*, руб.	21 032,14	21 192,85
Себестоимость* 1 кг, руб.	1,25	1,06
Выручка от реализации*, тыс. руб/га	45 864,00	54 463,50
Прибыль*, тыс. руб/га	24 831,86	33 270,65
Рентабельность*, %	118	157
Продолжительность хранения плодов, дн.	120	120
Средняя масса плода, г	120	210
Дегустационная оценка свежих плодов, балл	7,5	8,5
Внешний вид, балл	7,5	8,5
Срок созревания	Поздний	Поздний

* Данные за 2023 г.

Таблица 2. Общая степень подмерзания деревьев в естественных условиях и условиях искусственного промораживания однолетних веток нового сорта груши Калядная в сравнении с контролем (9-балльная шкала), балл

Показатель	Белорусская поздняя (контроль)	Калядная (07-4/33)
Повреждения в критическую зиму 2020–2021 гг. ($t_{\min} = -28,7\text{ }^{\circ}\text{C}$)		
Общая степень подмерзания дерева	3,0	3,0
Повреждения однолетних веток при искусственном промораживании		
I компонент: устойчивость к осенним заморозкам и морозам (ноябрь – декабрь, $t_{\min} = -25\text{ }^{\circ}\text{C}$)	3,0	1,7
II компонент: максимальная морозостойкость в середине зимы (январь, $t_{\min} = -33\text{ }^{\circ}\text{C}$)	3,7	5,0
III компонент: повреждения тканей после оттепели в конце зимы (февраль, $t_{\min} = -25\text{ }^{\circ}\text{C}$)	7,6	6,3
IV компонент: повреждения тканей после оттепели в начале весны (март, $t_{\min} = -25\text{ }^{\circ}\text{C}$)	7,0	3,6

В 2022 и 2023 гг. было проведено изучение потенциальной морозостойкости нового сорта груши лабораторным методом путем промораживания однолетних веток по четырем компонентам. Моделируя позднеосенние или раннезимние заморозки с температурным минимумом до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, определили, что наиболее уязвимыми оказались вегетативные почки, степень подмерзания которых была 1,7 балла. Таким образом, новый сорт груши проявил высокую морозостойкость по I компоненту (табл. 2). По II компоненту ($t_{\min} = -33\text{ }^{\circ}\text{C}$) сорт Калядная проявил себя среднеморозостойким: отмечено повреждение (5,0 балла) тканей камбия (в отличие от хорошей морозостойкости контрольного сорта Белорусская поздняя – 3,7 балла). Моделирование оттепели в конце зимы и снижение температуры до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ выявили наиболее существенные повреждения сосудисто-проводящих тканей подпочечного узла нового сорта – 6,3 балла, контроль – 7,6 балла). По способности восстанавливать морозостойкое состояние после оттепели и повторной закали в начале весны при $t_{\min} = -25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (IV компонент) новый сорт проявил хорошую морозостойкость тканей ветвей, в то время как контроль – слабую (7,0 балла) (табл. 2).

Устойчивость к болезням. За период исследований в 2021–2023 гг. на фоне проведенных 5–6 защитных обработок против основных заболеваний груши: парша (возбудитель – *Venturia pirina* Aderh. – сумчатая стадия, *Fusicladium pirinum* Fck. – конидиальная стадия), белая пятнистость, или септориоз, (*Mycosphaerella pyri* (Auersw.) Boerema, *Septoria piricola* Desm.), бактериальный рак (*Pseudomonas syringae* van Hall.), ржавчина (*Gymnosporangium sabinae* Wint.) и вредителей: грушевый галловый клещ (*Eriophyes pyri* Pagenstecher), тля (*Aphidiidae* sp.) и медяница грушевая (*Psylla* sp.) отмечено незначительное поражение листьев паршой и септориозом – до 1,0 балла, бактериальным раком – на 3,0 балла. В таких же условиях контрольный сорт Белорусская поздняя был поражен паршой на 5,0 балла, бактериальным раком – на 3,0 балла, септориозом – на 2,0 балла (табл. 1).

Урожайность. На 6-й год после посадки при средней степени плодоношения в 3,0 балла (по 5-балльной шкале) получено в среднем около 21 кг плодов с дерева. В итоге урожайность при плотности 1000 дер/га (схема посадки – $4,0 \times 2,5$ м) на подвое Сеянец Виневки на 6-й год после посадки составила 21 т/га. Выход товарных плодов сорта Калядная – 95 %, рентабельность – 157 %. Плоды способны храниться до 120 дней в условиях ОГС при температуре $0...+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 85–95 %.

Сроки цветения и особенность опыления. По многолетним данным начало цветения нового сорта и контрольного приходится на средние сроки (первая декада мая), длительность цветения составляет 7–12 дней в зависимости от температурного фактора, сроки цветения совпадают на 6–7 дней. В результате исследования особенностей опыления и оплодотворения выявлено, что сорт Калядная является самообесплодным. Хорошими опылителями для него отмечены сорта Просто Мария, Конференция, Бере Александр Люка, Завея, Спакуса, допустимыми – Белорусская поздняя и Талгарская красавица. В то же время он характеризуется высокой фертильностью пыльцы и может использоваться в качестве допустимого опылителя для сортов Белорусская поздняя и Бере Александр Люка и хорошего – для сортов Завея, Талгарская красавица и Спакуса.

Лежкоспособность и биохимический состав плодов. Плоды нового сорта хранились 120 дней (срок потребления – первая – вторая декады января), сохраняя товарные и потребительские качества без значительной потери массы (до 10 %).

Биохимический состав плодов позволяет в полной мере оценить пищевую и лечебно-профилактическую ценность сорта. Плоды нового сорта Калядная превышают показатели контрольного сорта по содержанию РСВ на 27 %, сахаров – на 37, СКИ – на 67 % (табл. 3).

С помощью набора из 6 маркеров был разработан уникальный генетический паспорт для нового сорта груши Калядная. Размер выявляемых аллелей приведен в табл. 4.

Представленная система регистрации генотипа белорусского сорта груши Калядная в виде ДНК-паспорта отражает состав аллелей в локусах микросателлитных последовательностей. Анализ локусов микросателлитных последовательностей, определяемых с помощью выбранных маркеров, в данном сорте позволил выявить 11 аллелей.

Таблица 3. Биохимический состав плодов* нового сорта груши Калядная в сравнении с контрольным сортом Белорусская поздняя, 2022 г.

Показатель	Белорусская поздняя (контроль)	Калядная (07-4/33)
Массовая доля сухих веществ, %	16,1	19,0
PCB, %	12,20	15,5
Титруемая кислотность, %	0,11	0,09
Сумма сахаров, %	6,46	8,85
СКИ	58,7	98,3
Сумма пектинов, %	0,98	1,0
Аскорбиновая кислота, мг/100 г	4,8	3,8

* Исследования биохимического состав плодов выполнены в отделе биотехнологии.

Таблица 4. Молекулярно-генетический паспорт сорта груши Калядная

Оригинатор	РУП «Институт плодоводства», Республика Беларусь	
Год передачи для проведения государственного испытания сорта	2023	
Происхождение	Основнянская (Основ'янська) × Юрате (Jūrate, Юратэ)	
Сорт	Калядная	
Молекулярно-генетический паспорт сорта груши Калядная	Название праймера	Длина аллелей в SSR-локусах (п. н.)
	CH01c06	147:155
	CH02c02b	131
	CH02b12	102:139:158
	CH04H02	181
	CH03d12	123:130
	SdSSR	158:207

ВЫВОДЫ

Создан позднеспелый сорт груши Калядная, характеризующийся высокой полевой зимостойкостью (общая степень подмерзания дерева при $-29,7$ °C составила 3,0 балла по 9-балльной шкале), устойчивостью к парше и септориозу, скороплодностью (вступает в плодоношение на 3-й год после посадки в сад однолетними саженцами). Сорт высокоурожайный, урожайность с дерева на 6-й год после посадки составляет 21 кг/дер., потенциальная урожайностью на подвое Сеянец Виневки при плотности посадки 1000 дер/га составляет 21,0 т/га. Плодоношение регулярное. Является самобесплодным сортом. Хорошими опылителями для него отмечены сорта Просто Мария, Конференция, Бере Александр Люка, Завея, Спакуса, допустимыми – Белорусская поздняя и Талгарская красавица. В качестве допустимого опылителя его можно использовать для моносортных посадок сортов Белорусская поздняя и Бере Александр Люка и хорошего – для сортов Завея, Талгарская красавица и Спакуса. Плоды сорта Калядная отличаются высокими товарными (средняя масса – 210 г, товарность – 95 %) и вкусовыми качествами (8,5 балла), обладают способностью сохранять их в условиях обычной газовой среды до 120 дней. Калядная превосходит отечественный аналог Белорусская поздняя по устойчивости к болезням, массе плода – на 75 %, выходу товарных плодов – на 13, содержанию PCB – на 27, сахаров – на 37, СКИ – на 67 % при сопоставимых зимостойкости и урожайности. Уровень рентабельности нового сорта составляет 157 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Gliha, R. Sorte krušaka u suvremenoj proizvodnji / R. Gliha. – Zagreb : Fragaria, 1997. – S. 267–274.
2. 'Angelys', a new winter pear to replace 'Passe Crassane' / M. Le Lézec [et al.] // Acta Horticulturae. – 2002. – № 596. – P. 265–269. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.596.40>
3. Vercammen, J. Pear cultivar testing in Belgium / J. Vercammen, A. Gomand, D. Bylemans // Acta Horticulturae. – 2021. – № 1303. – P. 15–22. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1303.3>
4. Paprštein, F. New pear cultivars from the Czech Republic / F. Paprštein, J. Blažek, J. Bouma // Acta Horticulturae. – 2009. – № 814. – P. 361–366. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.814.59>

5. Fischer, M. New pear cultivars from Dresden-Pillnitz / M. Fischer, G. Mildenerger // Acta Horticulturae. – 2004. – № 663. – P. 899–902. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.663.164>
6. Pear ‘Alessia®’ – attractive, delicious, stores well! [Electronic resource] / Bayerisches Obstzentrum. – Mode of access: <https://www.bayoz.de/en/obstsorten/birne-alessa/>. – Date of access: 22.01.2024.
7. Fred® CH201 C. O. V. / Dalival [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.dalival.com/poires/fred-ch201-de/>. – Date of access: 22.01.2024.
8. Braniște, N. Pear genetic breeding to improve the Romanian varieties / N. Braniște, N. Andrieș, V. Ghidra // Acta Horticulturae. – 2008. – № 800. – P. 491–496. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.800.62>
9. Contributions to the improvement of the Romanian pear varieties in the past 10 years [Electronic resource] / M. Militaru [et al.] // Mode of access: [https://www.uaiasi.ro/revista_horti/files/Nr1_2010/vol_53_1_2010%20\(56\).pdf/](https://www.uaiasi.ro/revista_horti/files/Nr1_2010/vol_53_1_2010%20(56).pdf/). – Date of access: 22.01.2024.
10. Drudze, I. New apple and pear selections from hybrid material of ‘Iedzeni’ in Latvia / I. Drudze // Acta Horticulturae. – 2004. – № 663. – P. 895–898. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.663.163>
11. Caracciolo, G. Update on CREA Centro di ricerca olivicoltura, frutticoltura e agrumicoltura pear breeding program / G. Caracciolo, S. Sirri, G. Baruzzi // Acta Horticulturae. – 2021. – № 1303. – P. 29–36. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1303.5>
12. Reimer cultivar pear tree [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.freepatentsonline.com/PP06245.html>. – Date of access: 08.12.2009.
13. Breeding of a late maturing cultivar ‘Mihwang’ (*Pyrus pyrifolia* var. *culta* Nakai) / H.-S. Hwang [et al.] // Korean J. of Horticultural Sci. a. Technology. – 2004. – № 22 (1). – P. 69–72.
14. ‘Hanhong’ Pear – Cyberfruit.info [Electronic resource]. – Mode of access: http://cyberfruit.info/book-poster/scientific-posters/SP_%20Hanhong%20Pear_Khanizadeh2007_1.pdf. – Date of access: 20.01.2014.
15. New Japanese Pear Cultivar ‘Kanta’ / T. Saito [et al.] // Bull. of the NARO. Fruit Tree a. Tea Sci., Tsukuba, Japan. – 2019. – № 1. – P. 1–9.
16. Долматов, Е. А. Результаты селекции груши во ВНИИСПК / Е. А. Долматов, Е. Н. Седов, А. В. Сидоров // Современ. садоводство (электрон. журн.). – 2013. – № 1. – С. 30–40.
17. Долматов, Е. А. Хозяйственно-биологическая характеристика нового сорта груши Наша / Е. А. Долматов, А. В. Югов, Д. В. Тонких // Селекция – основа развития интенсивного садоводства : материалы междунар. науч.-практ. конф., Орел, 23–26 июля 2019 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: С. Д. Князев (гл. ред.) [и др.]. – Орел, 2019. – Т. 6, № 2. – С. 9–11.
18. Акимов, М. Ю. Сорта груши селекции ФНЦ им. И. В. Мичурина зимнего срока потребления для промышленного садоводства [Электронный ресурс] / М. Ю. Акимов, Н. И. Савельев, В. В. Чивилёв. – Режим доступа: <http://www.rostok-agro.oml.ru/page6174>. – Дата доступа: 05.03.2012.
19. Урожайность и качество плодов зимних сортов груши (*Pyrus communis* L.) в условиях Крыма / А. И. Сотник [и др.] // Тавр. вестн. аграр. науки. – 2019. – № 2 (18). – С. 93–101. <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2019-2-18-93-101>
20. Можар, Н. В. Совершенствование адаптационного потенциала сортов груши для юга России / Н. В. Можар // Инновации в селекции плодовых и ягодных культур : материалы междунар. науч.-практ. конф., Орел, 5–8 июля 2016 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т селекции плодовых культур ; редкол.: С. Д. Князев (гл. ред.) [и др.]. – Орел, 2016. – Т. 3. – С. 95–98.
21. Senic, J. Genetic diversity in collection of European pear (*Pyrus communis*) cultivars determined with SSR markers chosen by ECPGR / J. Senic [et al.] // Scientia Horticulturae. – 2012. – № 145. – P. 39–45.
22. Урбанович, О. Ю. Молекулярные методы идентификации и генотипирования яблони и груши / О. Ю. Урбанович. – Минск : Право и экономика, 2013. – 210 с.
23. Якимович, О. А. Новый белорусский сорт груши Завея / О. А. Якимович, З. А. Козловская // Плодоводство : сб. науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства» ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2016. – Т. 28. – С. 78–84.
24. Расширить сортимент плодовых и ягодных культур для промышленного и приусадебного возделывания за счет создания технологичных и высокопродуктивных сортов и подвоев [подпрограмма «Агропромкомплекс – эффективность и качество» ГНТП «Агропромкомплекс-2020», на 2016–2020 годы] : отчет о НИР (заключ.) / РУП «Ин-т плодоводства» ; рук. З. А. Козловская. – Минск, 2018. – 127 с. – № ГР 20163642.
25. Создать гибриды плодовых культур с комплексной устойчивостью к болезням и высоким качеством плодов и передать на государственное испытание высокопродуктивный позднеспелый сорт груши, выделить сорта-опылители для моносортных товарных насаждений [подпрограмма «Агропромкомплекс – инновационное развитие» ГНТП «Инновационные агропромышленные и продовольственные технологии», на 2021–2025 годы] : отчет о НИР (заключ.) / Ин-т плодоводства ; рук. О. А. Якимович. – Самохваловичи, 2023. – 112 с. – № НИОК(Т)Р 20213702.
26. 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. – Орел : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
27. Генетические основы и методика селекции плодовых культур и винограда / З. А. Козловская [и др.] ; под общ. ред. З. А. Козловской. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 249 с.
28. Возделывание груши / В. А. Самусь [и др.] // Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посадочного материала : сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси ; рук. разраб.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2010. – С. 194–209.

29. Якимович, О. А. Методика ускоренной оценки зимостойкости груши с использованием прямого промораживания / О. А. Якимович, М. Г. Мялик // Плодоводство : сб. науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства» ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.] – Самохваловичи, 2012. – Т. 24. – С. 307–317.
30. 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. : Стандартиформ, 2011. – 10 с.
31. Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ : ГОСТ ISO 2173–2013. – Взамен ГОСТ 28562–90 ; введ. 01.07.2015. – М. : Стандартиформ, 2014, 2019. – 7, [4] с.
32. Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности : ГОСТ ISO 750–2013. – Взамен ГОСТ 25555.0–82 ; введ. 01.07.2015. – М. : Стандартиформ, 1998, 2018, 2019. – 5, [2] с.
33. Определение сахаров в овощах, ягодах и плодах / Б. А. Ягодин [и др.] // Практикум по агрохимии / Б. А. Ягодин [и др.] ; под общ. ред. Б. А. Ягодина. – М., 1987. – С. 200–208.
34. Франчук, Е. П. Определение пектиновых веществ карбазольным методом / Е. П. Франчук // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т садоводства им. И. В. Мичурина ; редкол.: Г. А. Лобанов [и др.] ; под общ. ред. Г. А. Лобанова. – Мичуринск, 1973. – С. 273–278.
35. Spanyol, P. Bestimmung des tatsächlichen gehaltes an ascorbinsäure und dehydroascorbinsäure in lebensmitteln / P. Spanyol, E. Kevei, M. Blazovich // Ztschr. für Lebensmittel-Unters. u. Forschung. – 1963. – Bd 123, № 2. – S. 93–102.
36. Методические указания по исследованию биологически активных веществ плодов / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова ; сост.: Г. Б. Самородова-Бианки, С. А. Стрельщина ; под ред. Г. Б. Самородовой-Бианки. – Л. : ВИР, 1979. – 47 с.
37. Development and characterisation of 140 new microsatellites in apple (*Malus × domestica* Borkh.) / R. Liebhard [et al.] // Molecular Breeding. – 2002. – Vol. 10. – P. 217–241.

THE KALYADNAYA – A NEW BELARUSIAN LATE-RIPENING PEAR VARIETY

O. A. YAKIMOVICH, T. N. MARTSINKEVICH, T. N. BOGDAN

Abstract

The Kalyadnaya is a new late-ripening pear variety of Belarusian selection suitable for dessert use. The variety was obtained at the RUE 'Institute of Fruit Growing' as a result of hybridization of the introduced Osnovyanska and Jūrate (2007) varieties. The variety is early-fruiting (enters into the commercial fruiting in the 3rd year on the Seedling Vinevki seed rootstock), resistant to scab and septoria, moderately susceptible to bacterial canker, productive (21 t/ha), suitable for long-term storage of fruits (up to 120 days under normal atmospheric conditions), has high commodity and taste qualities of fruits (average fruit weight – 210 g, marketability – 95 %). The profitability of the new variety is 157 %. The variety was submitted for state variety testing in 2023.

Keywords: pear, selection, variety, early fruiting, winter hardiness, disease resistance, fruit quality, passport, Belarus.

Поступила в редакцию 24.04.2024

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИФА И ПЦР-АНАЛИЗА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ACLSV И ASPV В ТКАНЯХ СЕМЕЧКОВЫХ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР В ТЕЧЕНИЕ ВЕГЕТАЦИИ

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

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

АННОТАЦИЯ

Исследования проведены в отделе биотехнологии РУП «Институт плодоводства» в 2021–2023 гг. Объектами исследования явились вирусы ямчатости древесины яблони (ASPV) и хлоротической пятнистости яблони (ACLSV), а также деревья яблони сортов Папировка Белсад, Чемпион, Редкрафт, Аксамит, Белана, Антоновка обыкновенная; деревья груши сортов Бере Александр Люка, Конференция, достоверно зараженные исследуемыми вирусами. В различные периоды вегетации в листьях, почках, побегах, цветках, плодах, семенах оценено наличие/отсутствие вирусов методами ИФА и ПЦР (две модификации). Установлено, что ACLSV и ASPV присутствуют в различных количествах в органах растения в течение вегетации, их обнаружение зависит от используемых методов диагностики. Отсутствие стабильного результата при диагностике яблони на ASPV методом ПЦР с праймерами SPs635/SPas721 и TaqMan-зондом SPp662 не позволяет рекомендовать его для выявления растений, пораженных вирусом.

Ключевые слова: яблоня, груша, вирусы, ACLSV, ASPV, ИФА, ПЦР, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Быстрое распространение вирусных болезней в насаждениях многолетних плодовых культур в значительной мере обусловлено большим количеством способов переноса вирусных патогенов между растениями. После заражения растения распространение вируса по органам и тканям и его накопление в растении происходит крайне неравномерно, что приводит к ложноотрицательным результатам при диагностике и, как следствие, дальнейшему распространению вирусов в насаждениях.

Для контроля распространения вирусных заболеваний необходимо осуществлять регулярный мониторинг насаждений. Наличие вирусной инфекции может быть достоверно установлено только лабораторными методами. Основными методами диагностики, применяемыми для контроля системных патогенов, являются иммуноферментный анализ (ИФА) и полимеразная цепная реакция (ПЦР) [1–3].

Вирус хлоротической пятнистости листьев яблони (*Apple chlorotic leafspot virus*, ACLSV) является причиной появления круговых мозаичных узоров как на листьях яблони, так и на листьях других семечковых и косточковых плодовых культур. Для большинства коммерческих сортов яблони вирус не проявляется внешне. Однако на некоторых сортах и культурах отмечены прозрачные или хлоротические пятна с ассиметричным нарушением формы листа, линейные узоры на листьях уменьшенного размера, суховершинность, некроз коры. ACLSV переносится при вегетативном размножении, в том числе прививкой, а также нематодами, не распространяется с семенами [1, 4].

Вирус ямчатости древесины яблони (*Apple stem-pitting virus*, ASPV) широко распространен в насаждениях яблони во всем мире, но в основном является латентным вирусом. Симптомы можно наблюдать только на отдельных сортах яблони: на древесине ствола появляются различной формы, длины и глубины ямки, которые, в зависимости от штамма вируса, расположены вблизи места прививки или распространяются по всему штамбу, переходя на скелетные ветви [1, 4].

Анализ научной литературы показывает, что вопрос передачи вирусных инфекций в насаждениях плодовых и ягодных культур изучен недостаточно, а в условиях Беларуси не исследован вовсе. Оценка накопления вирусных частиц в органах и тканях растений для конкретных пар культура – вирус представляет большой интерес для минимизации безвекторного переноса вирусов в первую очередь в питомниках.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в РУП «Институт плодоводства» в 2021–2023 гг.

Объекты исследования: вирус ямчатости древесины яблони (ASPV), вирус хлоротической пятнистости яблони (ACLSV), деревья яблони сортов Папировка Белсад, Чемпион, Редкрафт, Аксамит, Белана, Антоновка обыкновенная; деревья груши сортов Бере Александр Люка, Конференция, достоверно зараженные исследуемыми вирусами.

Отбор образцов проводили в различные периоды вегетации. В качестве образцов использовали листья, почки, побеги, цветки, плоды, семена.

Исследования осуществляли методами ИФА и ПЦР.

ИФА. Тестирование на наличие вирусов проводили методом DAS-ELISA в соответствии с методическими указаниями фирмы Bioreba (Швейцария) и согласно «Методике диагностики основных вирусных инфекций плодовых и ягодных культур» [5].

Регистрация результатов велась на автоматическом ридере iMark™ Microplate Reader (Bio-Rad, США) при длине волны 405 нм. Сравнивали показатели оптической плотности анализируемых образцов (A_o) с показателями оптической плотности отрицательного контроля (A_k). Положительными считали образцы, значение оптической плотности у которых превышало среднюю оптическую плотность отрицательного контроля больше чем в 2 раза ($A_o / A_k > 2,0$). Повторность анализа каждого образца двукратная.

ПЦР. РНК выделяли коммерческим набором реактивов GeneJET Plant RNA Purification Kit (Thermo Scientific, Литва), используя 100 мг растительного материала (навеска зародышей – 10–30 мг). Измерение концентрации РНК в полученном растворе проводили с помощью спектрофотометра NanoPhotometer (Implen, Германия).

Выделенную РНК применяли для ПЦР в реальном времени (ПЦР1) с праймерами и TaqMan-зондами [6]:

для диагностики ACLSV:

– CLs51 – GTTCCTGGCCGCGAGAAGGCAGACCCCT;

– CLas137 – GCTATGTTTCGCGAAGATGGACTCC;

– CLp80 – FAM-ATGGAAGGACAGGGGCAATCCTGG-BHQ-1;

для диагностики ASPV:

– SPs635 – TGGGAATCCCTGAGCATCAACTCA;

– SPas721 – ATGTAGACTTGTCTGAGGCGCCAA;

– SPp662 – FAM-AGGTGGGAGTTTATCTGGCTAGGCAT-BHQ-1.

Амплификацию осуществляли с использованием реагентов ArtMix-RT (АртБиоТех, Беларусь) и амплификатора CFX96 (Bio-Rad, США).

Условия проведения амплификации: 52 °С в течение 35 мин; 95 °С в течение 2 мин; 45 циклов при 95 °С в течение 10 с, 60 °С в течение 1 мин.

Для диагностики ASPV методом ПЦР в реальном времени с интеркалирующим красителем EvaGreen (ПЦР2) использовали праймеры:

– ASPVF3 – GAACTGCYGCAGAGGAAG;

– ASPVR3 – CATGYTTGTCCTTCTCYAC [7].

Амплификацию выполняли с применением реагентов ArtMix-RT Color (АртБиоТех, Беларусь) и амплификатора CFX96 (Bio-Rad, США).

Условия проведения амплификации: 55 °С в течение 10 мин; 95 °С в течение 10 с; 40 циклов при 95 °С в течение 10 с, 60 °С в течение 30 с; кривая плавления от 65 до 95 °С с шагом 0,5 °С – по 5 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования проведен сравнительный анализ использования ИФА и ПЦР-анализа для диагностики ASPV и ACLSV в различных тканях семечковых плодовых культур в течение вегетации.

ASPV. Сравнительный анализ применения методов ИФА и ПЦР для диагностики ASPV в различных тканях семечковых плодовых культур (яблони и груши) в течение вегетации показал неравномерное накопление вирусов и неоднозначность результатов ПЦР-диагностики с праймерами SPs635/SPas721 и TaqMan-зондом SPp662.

Ранняя диагностика ASPV на яблоне методом ИФА может проводиться в апреле с использованием в качестве образцов почек или побегов; в мае – цветков; в летний период (в июле) – с применением зрелого листа или побега; в период окончания вегетации – с использованием побега. Побег является оптимальным эксплантом для диагностики в течение вегетационного периода за исключением июня (рис. 1). Возможно, интенсивный рост побегов в течение июня определяет наличие ложноотрицательных результатов при тестировании методом ИФА.

Для тестирования ASPV на груше методом ИФА оптимальным является только период начала (апрель (побег), май (цветок)) и окончания вегетации (сентябрь (побег)) (рис. 2).

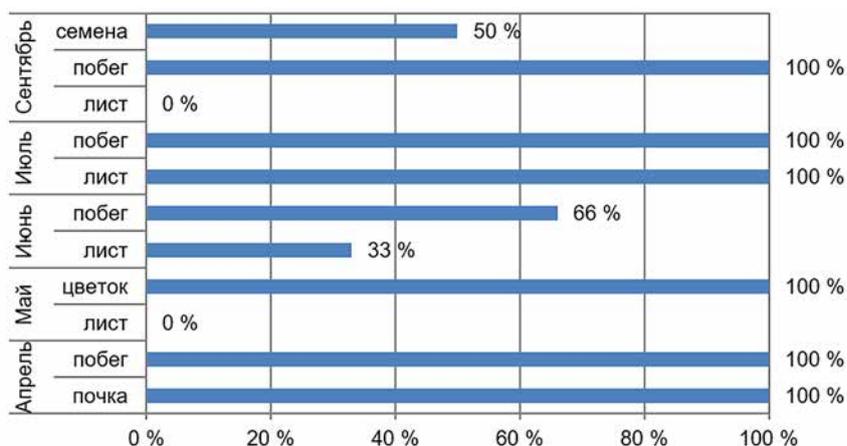


Рис. 1. Результативность ИФА-диагностики ASPV у образцов яблони в течение вегетационного периода с использованием различных эксплантов

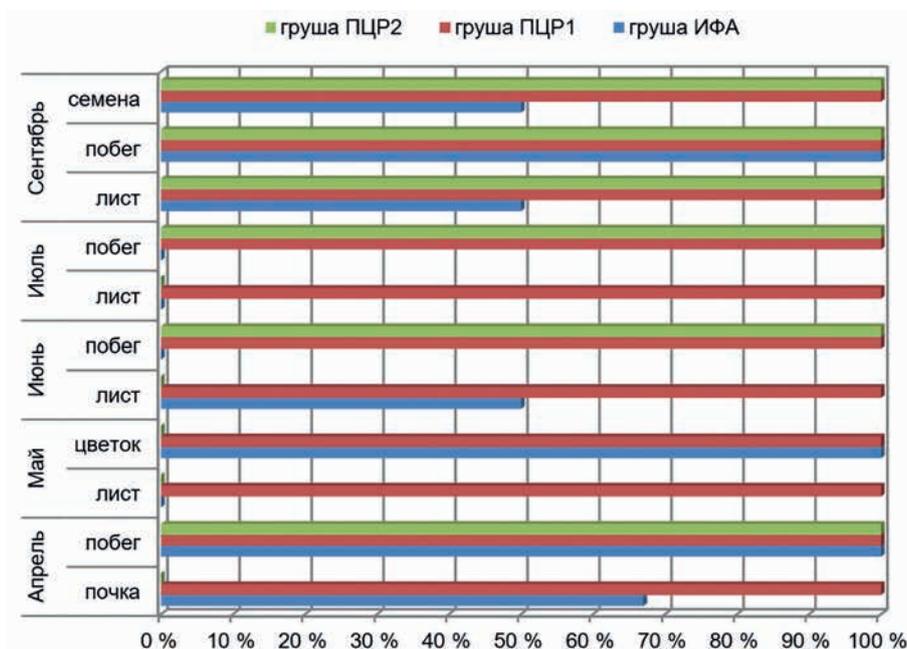


Рис. 2. Результативность ИФА и ПЦР-диагностики* ASPV у образцов груши в течение вегетационного периода с использованием различных эксплантов

* Данные по ПЦР2 представлены только для следующих периодов вегетации: апрель (побег), июнь (побег), июль (побег), сентябрь (лист, побег, семена).

Результаты сравнительного анализа применения ПЦР1 и ИФА-диагностики ASPV в течение вегетационного периода с использованием различных эксплантов сортов яблони показали, что при положительном тесте ИФА ПЦР1 для значительного количества образцов дает ложноотрицательный результат. Причем для одного сорта яблони (Редкрафт) результаты ИФА и ПЦР1-диагностики всегда совпадают, а для сортов Папировка и Чемпион ПЦР1 всегда отрицателен при положительном тесте ИФА.

Отсутствие стабильного результата при диагностике яблони на ASPV методом ПЦР1 (с праймерами SPs635/SPas721 и TaqMan-зондом SPr662) возможно связано с тем, что в оригинальном исследовании [6] при разработке праймеров использовали нуклеотидную последовательность (GenBank № AY572458) участка генома изолята ASPV, выделенного из растения груши (*Pyrus communis* cv. Abate Fetel). И несмотря на то, что авторы говорят о высокой чувствительности и надежности разработанных праймеров, применять их, на основании результатов наших исследований, рекомендуется только при диагностике ASPV на груше.

ACLSV. Сравнительный анализ использования ИФА и ПЦР-методов для диагностики ACLSV в различных тканях семечковых плодовых культур в течение вегетации показал неравномерное накопление вирусов. Диагностику ACLSV методом ПЦР (CLs51/CLas137 и зонд CLp80) можно проводить с апреля по сентябрь, не получая ложноотрицательные результаты, в качестве образцов применять цветки, листья, побеги и семена. Для метода ИФА оптимальным является май (листья, цветки) и июнь (листья, побег). В июле и сентябре во избежание получения ложноотрицательных результатов при диагностике ACLSV методом ИФА следует использовать в качестве растительных проб только побег (рис. 3).

В ходе исследований установлена закономерность, показывающая, что в июле (основной период заготовки черенков для окулировки) накопление ACLSV в однолетнем побеге сортов яблони значительно выше ($A_o / A_k = 20,8-30,1$), по сравнению с июнем ($A_o / A_k = 2,5-3,5$) и сентябрем ($A_o / A_k = 3,4-7,4$), что увеличивает риск переноса вируса хлоротической пятнистости листьев яблони при окулировке. Для ASPV у сортов яблони отмечена аналогичная закономерность с меньшим колебанием оптической плотности образцов по периодам вегетации. Использование для размножения яблони и груши черенков только со свободных от вирусов ACLSV, ASPV маточных деревьев позволит снизить риски получения элитных саженцев.

На основании полученных результатов разработаны рекомендации по отбору образцов для ИФА и ПЦР-диагностики ASPV и ACLSV, которые дают возможность повысить эффективность выявления вирусов и минимизировать количество ложноотрицательных результатов (табл. 1, 2).

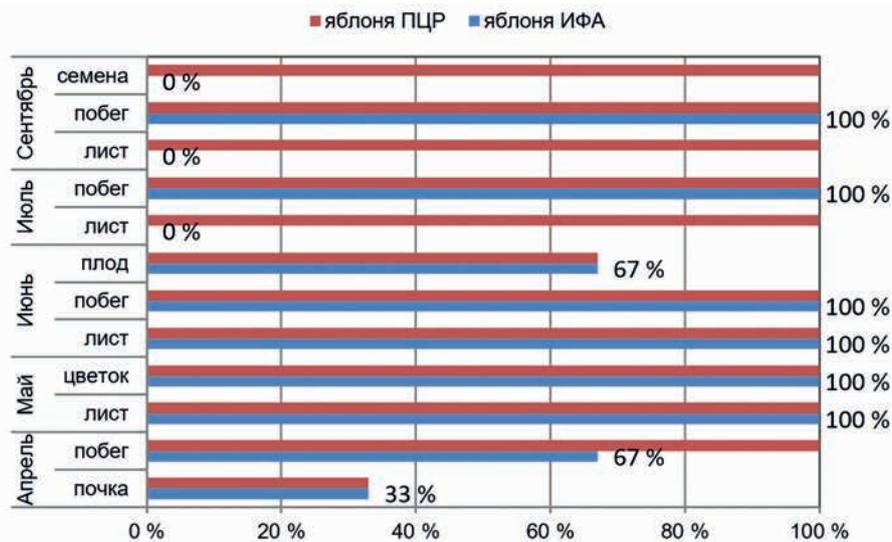


Рис. 3. Результативность диагностики ACLSV у образцов яблони методом ИФА и ПЦР в течение вегетационного периода с использованием различных эксплантов

Таблица 1. Период, тип образца и методы диагностики ASPV на яблоне и груше

Месяц	Яблоня	Груша	Тип образца	Метод диагностики
Апрель	да	да	почки, побег	ИФА, ПЦР
Май	нет	да	лист	ПЦР
Июнь	да	да	лист, побег	ПЦР
Июль	да	нет	лист, побег	ИФА
	да	да		ПЦР
Сентябрь	да	да	побег	ИФА, ПЦР
	нет	да	лист	ПЦР

Таблица 2. Период, тип образца и методы диагностики ACLSV на яблоне

Месяц	Тип образца	Метод диагностики
Апрель	побег	ПЦР
Май	лист	ИФА, ПЦР
Июнь	лист, побег	ИФА, ПЦР
Июль	побег	ИФА, ПЦР
	лист	ПЦР
Сентябрь	побег	ИФА, ПЦР
	лист	ПЦР

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ACLSV и ASPV присутствуют в различных количествах в органах растения в течение вегетации, их обнаружение зависит от используемых методов диагностики, что определяет необходимость применения нескольких методов выявления вируса и отбора различных образцов, во избежание получения ложноотрицательных результатов, а также для улучшения контроля отбраковки инфицированных маточных растений.

В течение периода заготовки черенков для окулировки накопление ACLSV в однолетнем побеге сортов яблони значительно выше ($A_o / A_k = 20,8-30,1$) по сравнению с июнем ($A_o / A_k = 2,5-3,5$) и сентябрем ($A_o / A_k = 3,4-7,4$), что увеличивает риск переноса вируса хлоротической пятнистости листьев яблони при использовании зараженных черенков.

Отсутствие стабильного результата при диагностике яблони на ASPV методом ПЦР с праймерами SPs635/SPas721 и TaqMan-зондом SPp662 не позволяет рекомендовать его для выявления растений, пораженных вирусом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Barba, M. Control of pome and stone fruit virus diseases / M. Barba, V. Ilardi, G. Pasquini // *Advances in Virus Res.* – 2015. – Vol. 91. – P. 7–83.
2. Torrance, L. Developments in methodology of plant virus detection / L. Torrance // *Netherlands J. of Plant Pathology.* – 1992. – Vol. 98, № 2. – P. 21–28.
3. Webster, C. G. Diagnosis of plant viral pathogens / C. G. Webster, S. J. Wylie, M. G. K. Jones // *Current Sci.* – 2004. – Vol. 86, № 12. – P. 1604–1607.
4. Кухарчик, Н. В. Вирусные и фитоплазменные болезни плодовых и ягодных культур в Беларуси / Н. В. Кухарчик. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 209 с.
5. Методика диагностики основных вирусных инфекций плодовых и ягодных культур / Н. В. Кухарчик [и др.]. – Минск : А. Н. Вараксин, 2015. – 31 с.
6. Nickel, O. Detection of viruses in apples and pears by real time RT-PCR using 5'-hydrolysis probes / O. Nickel, T. V. M. Fajardo // *J. of Plant Pathology.* – 2014. – Vol. 96, № 1. – P. 207–213.
7. Winkowska, L. Quantitative detection of four pome fruit viruses in apple trees throughout the year / L. Winkowska, L. Grimova, P. Rysanek // *Phytopathologia Mediterranea.* – 2016. – Vol. 55, № 2. – P. 207–224.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE USE OF ELISA AND PCR TESTING
FOR DIAGNOSTICS OF ACLSV AND ASPV IN TISSUES OF POME FRUIT CROPS
DURING THE VEGETATION GROWING SEASON**

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

Abstract

The research was carried out in the Biotechnology Department of the RUE 'Institute of Fruit Growing' in 2021–2023. The objects of the study were apple stem pitting virus (ASPV) and apple chlorotic leaf spot virus (ACLSV), along with apple trees of Papirovka Belsad, Champion, Redcraft, Aksamit, Belana, Antonovka common varieties, pear trees of Bere Alexander Luka and Conference varieties, reliably infected with the studied viruses. During different periods of the vegetation growing season, the presence or absence of viruses in leaves, buds, shoots, flowers, fruits, and seeds was assessed by ELISA and PCR (two modifications). It has been established that ACLSV and ASPV are present in varying amounts in plant organs during the vegetation period; their detection depends on the diagnostic methods used. The lack of stable results when diagnosing apple trees for ASPV using the PCR method with primers SPs635/SPas721 and the TaqMan probe SPp662 makes it impossible to recommend it for identifying plants affected by the virus.

Keywords: apple, pear, viruses, ACLSV, ASPV, ELISA, PCR, Belarus.

Поступила в редакцию 14.02.2024

ОРИГИНАЛЬНЫЕ РЕПОЗИТОРИИ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР. СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ И АКТУАЛЬНЫЙ СОРТИМЕНТ

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

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

АННОТАЦИЯ

Исследования проведены в отделах биотехнологии и питомниководства РУП «Институт плодоводства» в 2018–2023 гг. С учетом фитосанитарных рекомендаций European and Mediterranean Plant Protection Organization (ЕОКЗР), карантинных и фитосанитарных требований Евразийского экономического союза актуализированы оздоровленные коллекции плодовых культур в Беларуси, в том числе: яблоня – 22 сорта и 2 клоновых подвоя; груша – 8 сортов и 2 клоновых подвоя; слива и алыча – 11 сортов и 3 клоновых подвоя; вишня и черешня – 16 сортов и 5 клоновых подвоев; абрикос – 4 сорта и 1 клоновый подвой; персик – 5 сортов и 1 клоновый подвой. Схемы лабораторного тестирования для выделения в категорию «оригинальные» для плодовых культур дополнены 3 фитоплазменными (в том числе 2 карантинными) и 13 вирусными (в том числе 3 карантинными) патогенами.

Ключевые слова: категория семян, этап размножения, яблоня, груша, косточковые культуры, вирусы, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Сохранение оригинальных (Nuclear stock collection Virus free) репозиториях *in situ* является наиболее распространенным способом создания рабочих коллекций вегетативно размножаемых сельскохозяйственных растений, в том числе плодовых и ягодных. Рабочие коллекции, в отличие от *in vitro* и криоколлекций, используются непосредственно для питомниководства (заготовка черенков, получение отводков и т. д.). Основные сложности при сохранении таких коллекций – это повреждения, связанные с неблагоприятными погодными условиями, болезнями, вредителями; риски потери сортовой однородности; необходимость в больших земельных площадях и значительных материальных человеческих ресурсах. Основу и наиболее интересную часть Nuclear stock collection Virus free в каждой стране составляют коммерческие, староместные сорта и перспективные для производства гибриды и формы.

Современные тенденции в садоводстве Беларуси при создании базовых репозиториях требуют учитывать карантинные и фитосанитарные требования Евразийского экономического союза [1, 2]. При этом первоначальные оздоровленные коллекции плодовых и ягодных культур создавались, в основном, с учетом рекомендаций European and Mediterranean Plant Protection Organization (ЕОКЗР) [3–5].

Необходимость создания репозиториях сортов плодовых культур, отвечающих требованиям ЕОКЗР и Евразийского экономического союза (ЕАЭС), определила основную *цель данной работы*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в отделах биотехнологии и питомниководства РУП «Институт плодоводства» в 2018–2023 гг.

Объекты исследования:

1) исходные растения сортов и подвоев яблони, груши, айвы, сливы, алычи, вишни, черешни, абрикоса, персика;

2) вирусы и фитоплазмы: *Apple chlorotic leaf spot virus* (ACLSV); *Apple mosaic virus* (ApMV); *Apple stem grooving virus* (ASGV); *Apple stem pitting virus* (ASPV); *Arabis mosaic nepovirus* (ArMV); *Apple proliferation phytoplasma* (AP); *Carnation Italian ringspot virus* (CIRV); *Cherry leaf roll virus* (CLRV); *European stone fruit yellows phytoplasma* (ESFY); *Myrobalan latent ringspot virus* (MLRSV); *Peach rosette mosaic virus* (PRMV); *Pear decline phytoplasma* (PD); *Petunia asteroid mosaic virus* (PeAMV); *Plum pox virus* (PPV); *Prune dwarf virus* (PDV); *Prunus necrotic ringspot virus* (PNRSV);

Raspberry ringspot virus (RRV); *Strawberry latent ringspot virus* (SLRV); *Tobacco ringspot virus* (TRSV); *Tomato black ring virus* (TBRV); *Tomato ringspot virus* (TomRSV).

Для диагностики патогенов использовали иммуноферментный и ПЦР-анализы [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Унифицированная последовательность создания маточных насаждений плодовых культур включает нескольких последовательных этапов:

1. Оценка перспективного сортимента и спроса производителей на сорта плодовых культур.
2. Отбор, визуальная оценка патогенов, помологическая оценка индивидуальных растений сортов плодовых культур, выделение **кандидатов в оригинальные растения**.

3. Лабораторная диагностика патогенов в соответствии с требованиями к оригинальным растениям каждого вида.

4. При отсутствии регламентируемых патогенов **кандидатов** переводят в **оригинальные растения**. Категория «оригинальные» включает 2 последовательных **этапа размножения (ЭР)** – **ЭР исходные** и **ЭР базовые**. **Исходными** являются растения, выделенные непосредственно после проведения лабораторной диагностики, установившей отсутствие регламентируемых патогенов. Путем вегетативного размножения исходных растений получают **базовые растения**.

5. Путем вегетативного размножения **оригинальных растений (ЭР базовые)** получают **элитные растения** сортов и форм клоновых подвоев. Элитная категория растений включает 3 последовательных этапа размножения.

5.1. Первая вегетативная репродукция элиты, полученная из оригинальных растений, относится к **супер-суперэлите (ССЭ)**.

5.2. Вторая вегетативная репродукция элиты, полученная из ССЭ растений, относится к **суперэлите (СЭ)**.

5.3. Третья вегетативная репродукция элиты, полученная из СЭ растений, относится к **элите**.

6. **Репродукционные растения** получают из растений сортов и клоновых подвоев категории «элитные» (этап размножения – элита) или выделяют в открытом грунте из исходных растений путем визуального фитосанитарного отбора.

Сравнительная схема производства посадочного материала плодовых культур в Республике Беларусь и регионе ЕОКЗР приведена в табл. 1.

В ходе выделения растений в категорию «оригинальные» для тестирования отбирали образцы сортов **яблони**, с установленным в предыдущие годы отсутствием вирусов ACLSV, ASGV, ArMV. Тестирование 2019 г. подтвердило отсутствие ранее диагностируемых вирусов и фитоплазмы (AP) в образцах, однако выявило значительное количество растений (29 шт., или 23,6 %), инфицированных вирусом ямчатости древесины яблони (ASPV) среди сортов: Память Сюбаровой (2), Арнабель (2), Айдаред (1), Ветеран (1), Найдаред (2), Редкрафт (4), Альва (5), Елена (1), Папировка Белсад (5), Чемпион (4), Папировка (2). Данный вирус диагностировался в схеме производства оздоровленного посадочного материала в Беларуси впервые и, как показали исследования, в настоящий момент явился лимитирующим при фитосанитарном отборе исходных растений сортов яблони.

Таблица 1. Сравнительная схема производства посадочного материала плодовых культур в Республике Беларусь и регионе ЕОКЗР

Категория семян	Этап размножения	Соответствующий этап ЕОКЗР	
Кандидаты в оригинальные растения	–	Candidate nuclear stock	
Оригинальные	Исходные	Nuclear stock	
	Базовые		
Элитные	ССЭ	Propagation stock	1
	СЭ		2
	Элита	Nursery stage	
Репродукционные	1-я репродукция	Visual healthy	

Сорта и подвои **груши** свободны от регламентируемых вирусов (табл. 2).

Сорта и подвои **сливы** и **алычи** протестированы на вирусы ACLSV, АрMV, PPV, PNRSV, PDV, TomRSV, ToRSV, CRSV, РеAMV, MLRV, PRMV. Все протестированные растения свободны от перечисленных патогенов.

Сорта и подвои **вишни**, **черешни**. Тестирование проведено на вирусы ACLSV, АрMV, PPV, PNRSV, PDV, TomRSV, ToRSV, CRSV, РеAMV, CLRV, RRV, MLRV. Установлено наличие вирусов PNRSV (Этика, Sylvia (2), Бурлат, Конфитюр (3)), АрMV (Конфитюр (3)).

Сорта и подвои **абрикоса**. Протестировано 4 сорта (Лявон, Память Говорухина, Камя, Дэбют) и подвой (Спикер) на наличие вирусов ACLSV, АрMV, PPV, PNRSV, PRMV, PDV, TomRSV, ToRSV, CRSV, РеAMV, MLRV. Впервые проведена выборочная диагностика пораженности вирусами PRMV, PDV, TomRSV, ToRSV, CRSV, РеAMV, MLRV растений абрикоса. Отмечены растения абрикоса сорта Камя, предположительно зараженные вирусом АрMV (оптическая плотность образцов превышает значение оптической плотности отрицательного контроля в 1,5–1,7 раза).

Сорта и подвои **персика**. Впервые проведена диагностика вирусных болезней (ACLSV, АрMV, PPV, PNRSV, PRMV, PDV, TomRSV, ToRSV, CRSV, РеAMV, MLRV) для культуры персика в Беларуси. Протестировано 5 сортов: Лойко, Донецкий белый, Искра, Алекс, Золотой юбилей, а также форма подвоя Весеннее пламя. Растения персика предположительно заражены вирусами PRMV, АрMV. Вирус мозаики яблони выявлен в одном клоне сорта Лойко и в одном – Донецкий белый (недостоверно). Вирус розеточной мозаики персика отмечен у 3 растений сорта Лойко, 2 растений сорта Искра, по одному растению у сортов Донецкий белый, Алекс, Золотой юбилей. Развернутый анализ растений, предположительно пораженных PRMV, показал превышение оптической плотности для образцов, выделенных только с одревесневшего побега. Образцы из листьев и однолетнего побега достоверно свободны от вируса. В связи с неоднозначностью полученных результатов в качестве базовых растений выделялись только клоны, имеющие оптическую плотность, близкую к отрицательному контролю. Для сорта Лойко не выделено ни одного растения, свободного от всех тестируемых вирусов. Для подвоя персика Весеннее пламя установлено отсутствие вирусов во всех образцах.

Проведена окулировка с использованием выделенных безвирусных подвоев и сортов для получения саженцев (категории «оригинальные») и закладки маточно-черенковых насаждений.

Характеристика выделенных в ходе тестирования растений, которым присвоен статус «оригинальные», приведена в табл. 2. Диагностика вирусов и фитоплазм проводилась согласно требованиям постановлений Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь [7, 8] и Евразийского экономического союза (ЕАЭС) [9].

В табл. 3 приведена информация, характеризующая изменения в лабораторной диагностике системных патогенов плодовых культур в Беларуси, с учетом дополнений схемы тестирования карантинными вирусами, а также расширения перечня опасных вирусов и фитоплазм. Лабораторное тестирование для производства оздоровленного посадочного материала расширено и для перечня плодовых культур – включен персик, для которого, кроме стандартных карантинных объектов, имеются специфический вирус *Peach rosette mosaic virus* (PRMV) и вириод *Peach latent mosaic viroid* (PLMVd).

ВЫВОДЫ

Актуализированы маточные насаждения плодовых культур категории «оригинальные», в том числе: яблоня – 22 сорта и 2 клоновых подвоя; груша – 8 сортов и 2 клоновых подвоя; слива и алыча – 11 сортов и 3 клоновых подвоя; вишня и черешня – 16 сортов и 5 клоновых подвоев; абрикос – 4 сорта и 1 клоновый подвой; персик – 5 сортов и 1 клоновый подвой.

Схемы лабораторного тестирования для выделения в категорию «оригинальные» для плодовых культур дополнена 3 фитоплазменными (в том числе 2 карантинными) и 13 вирусными (в том числе 3 карантинными) патогенами.

Таблица 2. Фитосанитарная характеристика актуальных репозиторий (категории «оригинальные») плодовых культур

Культура	Сорта, подвои		Другие	Тестируемые вирусы, фитоплазмы		Рекомендации ЕОКЗР (вирусы и фитоплазмы)	Год закладки	Периодичность тестирования
	Районированные в Республике Беларусь	Сорта, подвои		ЕАЭС	Постановление № 37			
Яблоня: сорта	Коваленковское, Имант, Алеся, Белорусское сладкое, Весялина, Антоновка Белсад, Арнабель, Глостер, Айдаред, Редрафт, Зорка, Паланз, Аксамит, Дьямент, Папировка, Слава победителям, Ауксис	Лигол, Галя, Редфри, Найдаред, Альва	TRSV	ACLSV	-	ACLSV ArMV ASPV ASGV AP	2019	5 лет
			TomRSV AP	ArMV ASPV ASGV				
подвои	54-118, 62-396							
Груша, айва: сорта	Духмяная, Бере Александр Люка, Конференция, Десертная россосанская, Талгарская красавица, Просто Мария, Белорусская поздняя	Завяя	TRSV	ACLSV	-	ACLSV ASPV ASGV PD	2019	5 лет
			TomRSV PD	ASPV ASGV				
подвои	С1, ВА-29							
Слива	Венгерка белорусская, Блюффри, Стенли, Кромань, Волат, Даликатная	Кубанская ранняя, Чачанская лепотица	TRSV	ACLSV	MLRSV ESFY	ACLSV ArMV MLRSV	2023	3 года
			TomRSV PPV	ArMV PDV PNRSV				
Алыча	Ветразь-2, Лодва	Панна						
Подвой сливы и альчи	ВПК-1	Миробалан 29С, ВВА-1					2022	3 года
Вишня	Тургенка, Уйфехергой фюргош, Конфитюр, Ливенская, Несвижская, Ровесница	Память Еникеева	TRSV	ACLSV	ArMV PeAMV CIRV CGRMV ChMLV LChV-1 LChV-2 RRV SLRV TBRV	ACLSV ArMV ArMV CIRV CIRV PeAMV CGRMV ChMLV LChV-1 LChV-2 PDV PNRSV RRV SLRV TBRV	2023	3 года
			TomRSV PPV	ArMV PDV PNRSV CLRV				
Черешня	Сюбаровская, Красавица, Ипуть	Аннушка, Валерий Чкалов, Регина, Бурлат, Лапинс, Сильвия					2023	3 года
Подвой вишни и черешни		ВСЛ-2, РВЛ-9, Измайловский, Gisela-5, ФИЛ-6					2022	3 года
Абрикос	Лявон, Память Говорукина, Камяя, Дэбот	Спикер	TRSV	ACLSV	ESFY	ACLSV ArMV PDV PNRSV	2023	3 года
			TomRSV PPV	ArMV PDV PNRSV				
Подвой абрикоса							2022	3 года
Персик	Лойко, Донецкий белый, Искра, Алекс, Золотой юбилей	Весеннее пламя	TRSV	ACLSV	ACLSV ArMV PDV PNRSV ESFY	ACLSV ArMV PDV PNRSV ESFY	2023	3 года
			TomRSV PPV	ArMV PDV PNRSV				
Подвой персика							2022	3 года

Таблица 3. Сравнительная оценка актуальной и проектной схем тестирования семечковых и косточковых плодовых культур в Беларуси

Вirus/фитоплазма	Культура												Перспективный проект	
	Яблоня		Груша		Вишня, черешня		Слива, алыча		Абрикос		Перспективный проект			
	актуально	проект	актуально	проект	актуально	проект	актуально	проект	актуально	проект				
<i>Apple chlorotic leaf spot virus (ACLSV)</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Apple mosaic virus (ArMV)</i>	+	+	нет	нет	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Apple stem pitting virus (ASPV)</i>	+	+	+	+	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Apple stem grooving virus (ASGV)</i>	+	+	+	+	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Prune dwarf virus (PDV)</i>	нет	нет	нет	нет	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Prunus necrotic ringspot virus (PNRSV)</i>	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Plum pox virus (PPV)</i>	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Arabis mosaic virus (ArMV)</i>	нет	нет	нет	нет	+	+	+	+	+	+	+	+	+	нет
<i>Petunia asteroid mosaic virus (PeAMV)</i>	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Carnation Italian ringspot virus (CIRV)</i>	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Cherry green ring mottle virus (CGRMV)</i>	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Cherry leaf roll virus (CLRV)</i>	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Little cherry virus 1 (LChV-1)</i>	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Little cherry virus 2 (LChV-2)</i>	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Cherry mottle leaf virus (ChMLV)</i>	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Raspberry ringspot virus (RRV)</i>	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Strawberry latent ringspot virus (SLRV)</i>	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Tomato black ring virus (TBRV)</i>	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Myrobalan latent ringspot virus (MLRSV)</i>	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Peach latent mosaic viroid (PLMVd)</i>	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Apple proliferation phytoplasma (AP)</i>	нет	+	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Pear decline phytoplasma (PD)</i>	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
European stone fruit yellows phytoplasma (ESFY)	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Tobacco ringspot virus (TRSV)</i>	нет	+	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Tomato ringspot virus (TomRSV)</i>	нет	+	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Plum pox virus (PPV)</i>	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Peach rosette mosaic virus (PRMV)</i>	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Peach latent mosaic viroid (PLMVd)</i>	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Apple proliferation phytoplasma (AP)</i>	нет	+	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
<i>Pear decline phytoplasma (PD)</i>	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет

Рекомендации ЕОКЗР (ЕРО)

Объекты карантинной, определенные ЕАЭК

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О селекции и семеноводстве сельскохозяйственных растений [Электронный ресурс] : Закон Респ. Беларусь, 7 мая 2021 г., № 102-3 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=H12100102>. – Дата доступа: 22.01.2023.
2. Об утверждении Единых карантинных фитосанитарных требований, предъявляемых к подкарантинной продукции и подкарантинным объектам на таможенной границе и на таможенной территории Евразийского экономического союза [Электронный ресурс] : решение Совета Евраз. эконом. комис., 30 нояб. 2016 г., № 157 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=F91600443>. – Дата доступа: 22.01.2023.
3. Pathogen-tested material of *Malus*, *Pyrus* and *Cydonia*. Certification schemes : EPPO Standards PM 4/27 / Europ. a. Mediterranean Plant Protection Organization // Bull. OEPP/EPPO. – 1999. – Vol. 29. – P. 239–252.
4. Certification scheme for cherry : schemes for the production of healthy plants for planting : EPPO Standards PM 4/29 / Europ. a. Mediterranean Plant Protection Organization // Bull. OEPP/EPPO. – 2001. – Vol. 31. – P. 447–461.
5. Certification scheme for almond, apricot, peach and plum : schemes for the production of healthy plants for planting : EPPO Standards PM 4/30 / Europ. a. Mediterranean Plant Protection Organization // Bull. OEPP/EPPO. – 2001. – Vol. 31. – P. 463–478.
6. Методика диагностики основных вирусных инфекций плодовых и ягодных культур / Н. В. Кухарчик [и др.]. – Минск : А. Н. Варахсин, 2015. – 31 с.
7. Об установлении требований к сортовым и посевным качествам семян сельскохозяйственных растений [Электронный ресурс] : постановление М-ва сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, 29 окт. 2015 г., № 37 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21530417>. – Дата доступа: 22.01.2023.
8. О порядке производства семян сельскохозяйственных растений [Электронный ресурс] : постановление М-ва сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, 5 окт. 2021 г., № 63 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22137321>. – Дата доступа: 22.01.2023.
9. О подходах к применению унифицированных требований к категориям семян сельскохозяйственных растений (этапам воспроизводства сорта, этапам размножения семян) при обращении семян сельскохозяйственных растений в рамках Евразийского экономического союза [Электронный ресурс] : рекомендация Коллегии Евраз. экон. комис., 19 дек. 2023 г., № 38. – Режим доступа: <https://www.alta.ru/tamdoc/23rk0038/>. – Дата доступа: 22.01.2023.

ORIGINAL REPOSITORIES OF FRUIT CROPS. MEANS OF CREATION AND CURRENT ASSORTMENT

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

Abstract

The research was carried out in the Biotechnology Department and the Nursery Growing Department of the RUE 'Institute of Fruit Growing' in 2018–2023. Taking into account the phytosanitary recommendations of the European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO), as well as quarantine and phytosanitary requirements of the Eurasian Economic Union, improved collections of fruit crops in Belarus have been updated, in particular: 22 varieties and 2 clonal rootstocks of apple; 8 varieties and 2 clonal rootstocks of pear; 11 varieties and 3 clonal rootstocks of plum and cherry plum; 16 varieties and 5 clonal rootstocks of cherry and sweet cherry; 4 varieties and 1 clonal rootstock of apricot; 5 varieties and 1 clonal rootstock of peach. Laboratory testing regimens for classification of fruit crops into the 'original' category are supplemented with 3 phytoplasma (including 2 quarantine) and 13 viral (including 3 quarantine) pathogens.

Keywords: category of seeds, propagation stage, apple, pear, stone fruit crops, viruses, Belarus.

Поступила в редакцию 15.02.2024

СОЗДАНИЕ НОВОГО ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА В СЕЛЕКЦИИ СЛИВЫ ДОМАШНЕЙ

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 хозяйственно ценных признаков (зимостойкость, скороплодность, устойчивость к основным заболеваниям, товарно-вкусовые качества плодов) 8 гибридов сливы домашней – 2011-01/15, 2011-01/09, 2011-01/29, 2012-02/60, 2012-02/61, 2012-02/17, 2012-02/20, 2012-02/30, полученных с использованием в качестве родительских форм сортов Венера, Волат, Кабардинская ранняя, Кубанская ранняя, Гилберт, Амитар, Стенли, Чачанска лепотица.

На основании анализа полученных данных для дальнейшей селекционной работы выделены в качестве нового исходного материала две отборные формы, сочетающие на высоком уровне полевою зимостойкость, дегустационную оценку плодов и крупноплодность: 2012-02/60 (Чачанска лепотица (Cacanska lepoticica) св. оп.) и 2011-01/29 (Гилберт (Gilbert) × Венера). По комплексу хозяйственно ценных признаков для дальнейшего сортоиспытания в качестве перспективного выделен гибрид сливы домашней 2011-01/15 (Кубанская ранняя × Волат).

Ключевые слова: селекция, слива домашняя, гибрид, родительская форма, зимостойкость, скороплодность, устойчивость к болезням, качество плодов, 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 сортамента, удлинением сроков поступления свежей продукции на рынок. Условия Беларуси благоприятны для повсеместного выращивания данной культуры [1, 2].

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 [3].

В селекции сливы домашней сделан упор на сочетание в гибридном потомстве комплекса ценных признаков. При этом 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 дали возможность 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 существует реальная возможность выделения источников и доноров отдельных признаков. При использовании такого исходного материала в дальнейшей селекции можно получить сорта, сочетающие оптимальный комплекс ценных признаков [4–6].

Промышленный сортимент сливы домашней Республики Беларусь включает 20 районированных сортов различного назначения и сроков потребления, для приусадебного возделывания включено 12 сортов сливы домашней (в том числе из них 3 сорта предназначены также для про-

мышленного возделывания) [7]. Однако сортов, сочетающих высокие товарно-технологические и десертные качества, с ранним сроком созревания недостаточно.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполняли в течение 2021–2023 гг. на базе отдела селекции плодовых культур. Полевые учеты хозяйственных признаков, а также оценку товарно-вкусовых качеств плодов проводили согласно «Генетическим основам и методике селекции плодовых культур и винограда» (Минск, 2019) [8]. Объектами исследований являлись 8 гибридов сливы домашней: 2011-01/15, 2011-01/09 (Кубанская ранняя × Волат), 2011-01/29 (Гилберт (Gilbert) × Венера), 2012-02/60, 2012-02/61 (Чачанска лепотица (Cacanska lepatica) св. оп.), 2012-02/17, 2012-02/20 (Амитар (Amitar) × Кубанская ранняя), 2012-02/30 (Стенли (Stanley) × Кабардинская ранняя), размноженные на клоновом подвое ВПК-1 и посаженные по схеме 4 × 2 м в 2017–2018 гг.

Гибриды получены с использованием исходных форм, которые характеризуются основными хозяйственно ценными признаками (урожайность, зимостойкость, устойчивость к болезням): Венера, Волат – белорусская селекция; Кабардинская ранняя, Кубанская ранняя – российская; Гилберт – шведская; Амитар – эстонская; Стенли – американская; Чачанска лепотица – сербская селекция (табл. 1).

Таблица 1. Основные хозяйственно-биологические показатели исходных форм изученных гибридов сливы домашней

Сорт	Происхождение	Хозяйственно-биологические показатели
Амитар	Аамисеппа 5 × Tartu Kaunitar	Сорт позднего срока созревания, самоплодный, но плодоношение нерегулярное вследствие слабой зимостойкости, относительно устойчив к монилиозу. Обладает привлекательными крупными плодами с плотной мякотью и высоким содержанием биохимических компонентов
Cacanska lepatica	Stanley × Ruth gerstetter	Сорт среднего срока созревания, самоплодный, уровень зимостойкости средний. Плоды среднего размера, овальной формы, темно-синей окраски с интенсивным голубым налетом, используются в свежем виде и для переработки, отличаются высокой транспортабельностью. Косточка хорошо отделяется от мякоти
Gilbert	Ontario × Ruth gerstetter	Сорт раннего срока созревания, самоплодный, зимостойкость высокая, устойчивый к основным заболеваниям. Плоды крупные (до 40 г), кожица темно-бордовой окраски со среднегустым налетом, косточка небольшая, хорошо отделяется от мякоти
Stanley	Венгерка ажанская × × Великая синяя	Сорт позднего срока созревания, самоплодный, среднезимостойкий, урожайность высокая. Плоды крупные (40 г), темно-сине-фиолетовые с сильным восковым налетом, используются в свежем виде и для переработки, отличаются высокой транспортабельностью. Косточка средняя, от мякоти отделяется средне
Венера	Нарач × Слива Вангенхейм	Сорт среднего срока созревания, самоплодный, уровень зимостойкости средний, относительно устойчив к класпероспориозу. Плоды крупные (35 г), окраска красно-синяя с сильным восковым налетом. Косточка хорошо отделяется от мякоти
Волат	Stanley × Пердригон	Сорт среднего срока созревания, самоплодный, отличается высокой урожайностью, устойчивостью к болезням: класпероспориозу и плодовой гнили, что и определяет хорошее состояние деревьев и регулярное плодоношение. По степени зимостойкости сорт характеризуется как высокоустойчивый к неблагоприятным абиотическим факторам. Плоды очень крупные (50–60 г), удлинённые, универсального назначения. Окраска плода багрянисто-фиолетовая
Кабардинская ранняя	Сеянец сорта Анна Шпет от свободного опыления	Сорт раннего срока созревания, самоплодный. Плоды крупные (50 г), форма овальная, окраска красно-фиолетовая. Косточка хорошо отделяется от мякоти
Кубанская ранняя	Сеянец от свободного опыления Венгерки венской	Сорт раннего срока созревания, самоплодный, урожайный, зимостойкость высокая. Плоды очень крупные (60–80 г), фиолетовой окраски. Косточка хорошо отделяется от мякоти

В 2021 г. первая декада марта характеризовалась неустойчивым температурным режимом, 1–3 марта наблюдалась очень теплая погода со среднесуточной температурой воздуха $+2...+3$ °С, что на 5–6 °С выше нормы, 8–10 марта среднесуточная температура воздуха была ниже климатической нормы на 2–3 °С и составила -4 °С. Во второй декаде марта средняя температура воздуха составила $+1$ °С, что на 1 °С выше нормы. Третья декада марта характеризовалась преобладанием повышенного температурного режима и недостаточным количеством осадков. Средняя температура воздуха за декаду составила $+4$ °С, что на 2 °С выше нормы. В период с 23 по 29 апреля сложилась холодная погода с преобладанием в третьей декаде среднесуточных температур ниже климатической нормы на 3,9 °С. Также в данный период отмечено 5 дней со снижением температуры воздуха ниже 0 °С, с выпадением осадков в виде снега 24 апреля и заморозком на поверхности почвы $-4,3$ °С 26 апреля. Несмотря на то, что в целом за месяц выпало 33,6 мм осадков, что несколько ниже среднемноголетних данных, состояние поверхности почвы характеризовалось как хорошо увлажненное. Тем не менее частые заморозки и сильное похолодание во второй половине апреля оказали сдерживающий эффект на наступление периода начала вегетации по сравнению с многолетними наблюдениями и обусловили сдвиг времени наступления основных фенологических фаз. Начало мая характеризовалось пониженным температурным режимом на фоне частого выпадения дождей – 176 % от среднемноголетнего значения. Переход среднесуточной температуры через $+10$ °С в сторону повышения отмечен 10 мая, что на декаду позже обычных сроков. Начало цветения у сортов и гибридов сливы домашней наблюдалось 15–17 мая и длилось от 4 до 6 дней.

В 2022 г. весна была холодная и затяжная с неустойчивым температурным режимом. В первой декаде марта температура воздуха была на уровне средней многолетней. Во второй декаде 11 марта наблюдалось похолодание до -3 °С ($-8,1$ °С – минимальная температура воздуха, $-11,4$ °С – на поверхности почвы), что ниже климатической нормы на 4 °С, которое сменилось потеплением до $+4,2$ °С. И повторно 17–18 марта температура понизилась до $-0,4...-0,6$ °С. Несмотря на то, что начиная с 21 марта средняя температура воздуха перешла за границу ≥ 5 °С, часто отмечались заморозки на поверхности почвы. Весь апрель характеризовался пониженным температурным режимом и избыточным количеством осадков. Преобладающая среднесуточная температура воздуха была ниже климатической нормы на 1–3 °С. К концу месяца сумма эффективных температур воздуха выше $+5$ °С ($\Sigma_t \geq 5$ °С) составила 46 °С, что ниже обычного на 49 °С. Прохладная погода была и в первой декаде мая, когда на поверхности почвы были отмечены заморозки: $-1,1$ °С (01.05), $-0,1$ °С (05.05), $-0,8$ °С (10.05). Начало цветения у сортов и гибридов сливы домашней наблюдалось 13–16 мая и длилось от 4 до 6 дней.

В 2023 г. первая декада марта характеризовалась неустойчивым температурным режимом и достаточным количеством осадков. Теплая погода со среднесуточной температурой воздуха около 0 °С, что на 2 °С выше нормы, наблюдалась 1–3 марта. Холодная погода со среднесуточной температурой воздуха $-3...-5$ °С, что на 2–5 °С ниже нормы, отмечалась 6 и 10 марта. В остальное время среднесуточная температура воздуха была в пределах климатической нормы. Во второй и третьей декадах марта отмечено преобладание повышенного температурного режима и избыточное количество осадков. Первая декада апреля характеризовалась неустойчивым температурным режимом и достаточным количеством осадков. В начале декады среднесуточная температура воздуха находилась в пределах нормы и на 1 °С выше ее ($+4...+5$ °С), 3–5 апреля наблюдалась холодная погода со среднесуточной температурой воздуха $-1...+1$ °С, что на 4–6 °С ниже обычного. Вторая декада апреля характеризовалась преобладанием повышенного температурного режима и недостаточным количеством осадков, средняя температура воздуха за декаду составила $+9$ °С, что на 2 °С выше нормы. Третья декада апреля была неустойчивым температурным режимом и недостаточным количеством осадков, 21–26 апреля среднесуточная температура воздуха составила $+11...+12$ °С, а 23 апреля – $+15$ °С. В дальнейшем наблюдалась холодная погода, среднесуточная температура воздуха была $+6...+7$ °С. За декаду отмечалось четыре дня с дождем. Первая декада мая характеризовалась пониженным температурным режимом и дефицитом осадков. Среднесуточная температура воздуха была ниже климатической

нормы на 2–4 °С, средняя за декаду температура воздуха составила +8 °С, что на 3,5 °С ниже нормы. Начало цветения у сортов и гибридов сливы домашней отмечено 2–6 мая, длительность цветения составила 7–8 дней.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

В отчетные периоды нами проведена оценка изучаемых гибридов сливы домашней по основным хозяйственно ценным признакам: зимостойкость, устойчивость к основным заболеваниям, а также основные товарные качества плодов.

Самым ранним сроком вступления в период плодоношения (на 3-й год после посадки в сад) характеризовались гибриды 2011-01/15, 2012-02/60, 2012-02/61, 2012-02/17, полученные с участием родительских форм Волат, Кубанская ранняя, Амитар, Чачанска лепотица (табл. 2).

Таблица 2. Основные хозяйственно-биологические показатели гибридов сливы домашней, 2021–2023 гг.

Гибрид	Год вступления в пору плодоношения	Общая степень подмерзания ($t_{\min} = -15\text{ °C}$), балл	Поражение, балл		Средняя масса плода, г	Отделяемость косточки	Дегустационная оценка свежих плодов, балл
			клястероспориозом	монилиозом			
2011-01/15	3-й	1,0	1,0	1,0	60	Хорошая	8,5
2011-01/09	4-й	3,0	3,0	3,0	31	Хорошая	8,0
2011-01/29	4-й	1,0	2,0	1,5	35	Хорошая	8,5
2012-02/60	3-й	1,0	2,0	2,0	48	Средняя	8,5
2012-02/61	3-й	3,0	3,0	2,5	32	Средняя	8,5
2012-02/17	3-й	3,0	3,0	2,0	30	Хорошая	8,0
2012-02/20	4-й	3,0	3,0	2,0	33	Хорошая	8,0
2012-02/30	4-й	3,0	3,0	2,0	32	Хорошая	8,0

По данным полевых наблюдений общая степень подмерзания за годы исследований 8 образцов сливы домашней не превышала 3,0 балла. Наименьшее подмерзание (1,0 балла) отмечено у гибрида 2011-01/15, причем следует указать, что и родительские формы (Кубанская ранняя, Волат), использованные для получения данного отбора, также характеризуются высокой зимостойкостью. Гибрид 2011-01/29 и материнская форма Гилберт за годы наблюдений проявили достаточный уровень устойчивости к холодным стрессам зимнего периода. Отдельно можно отметить гибрид 2012-02/60, полученный от свободного опыления сорта Чачанска лепотица, который превосходил по зимостойкости материнскую форму.

В саду первичного изучения за годы наблюдений отмечали умеренно-депрессивный характер развития плодовой гнили (*Monilia* spp.) и клястероспориоза (*Clasterosporium carpophilum* (Lev.) Aderh.). Так, у гибрида 2011-01/15 поражение болезнями не превышало 1,0 балла; остальные гибриды (2011-01/09, 2011-01/29, 2012-02/60, 2012-02/61, 2012-02/17, 2012-02/20 и 2012-02/30) проявили устойчивость в 1,5–3,0 балла.

Средняя масса плодов исследуемых гибридов варьировала от 30 до 60 г. Очень крупные плоды (больше 40 г) сформировали гибрид 2011-01/15 (60 г), в создании которого участвовали сорта Волат и Кубанская ранняя, обладающие очень крупными плодами, и гибрид 2012-02/60 (48 г), полученный от свободного опыления сорта Чачанска лепотица, превосходящий по крупноплодности материнскую форму. В группу крупноплодных (31–40 г) отнесены генотипы 2011-01/09, 2011-01/29, 2012-02/61, 2012-02/20, 2012-02/30. Только гибрид 2012-02/17 характеризовался средними плодами (21–30 г). Отделяемость косточки от мякоти у всех отборных форм средняя или хорошая, дегустационная оценка – от 8,0 до 8,5 балла.

На основании проведенной оценки по хозяйственно ценным признакам изучаемых гибридов сливы домашней выделены для дальнейшей селекционной работы в качестве нового исходного материала две отборные формы, сочетающие на высоком уровне полевую зимостойкость, дегустационную оценку плодов и крупноплодность:

2012-02/60 (Чачанска лепотица (*Sacanska lepoticia*) св. оп.) – дерево имеет компактную пирамидальную крону и сдержанный рост, крона не загущается. Гибрид скороплодный – вступление



Перспективный гибрид сливы
2011-01/15
(Кубанская ранняя × Волат)

в плодоношение на 3-й год при посадке в сад на клоновом подвое ВПК-1; основное плодоношение сосредоточено на многолетних обрастающих веточках, шпорцах; характерен базо- и мезотонический тип ветвления побегов, подмерзаний генеративной сферы после суровой зимы 2020–2021 гг. не отмечено. Характеризуется комплексной устойчивостью к основным заболеваниям сливы грибной этиологии – кластероспориоз и монилиальная гниль. Средняя масса плода – 48 г, плоды несимметричные округло-уплощенной формы, углубление верхушки отчетливое, окраска фиолетово-синяя, на поверхности много подкожных точек, косточка полусвободная, мякоть средней плотности, желтая, сочная. Плоды десертного вкуса – 8,5 балла, отделяемость косточки средняя. Средний срок созревания (третья декада августа);

2011-01/29 (Гилберт (Gilbert) × Венера) – дерево имеет компактную пирамидальную крону и сдержанный рост, крона средней густоты. Гибрид скороплодный – вступление в плодоношение на 4-й год при посадке в сад на клоновом подвое ВПК-1; основное плодоношение сосредоточено на букетных веточках и шпорцах; характерен базо- и мезотонический тип ветвления побегов, существенных подмерзаний после суровой зимы 2020–2021 гг. не выявлено. На естественном инфекционном фоне устойчив к поражению кластероспориозом и плодовой гнилью. Средняя масса плода – 35 г, плоды несимметричные округло-уплощенной формы, углубление

верхушки неотчетливое, окраска фиолетово-синяя, косточка свободная, мякоть средней плотности, беловатая, сочная. Плоды десертного вкуса – 8,5 балла, отделяемость косточки хорошая. Средний срок созревания (третья декада августа).

По комплексу хозяйственно ценных признаков для дальнейшего сортоиспытания в качестве перспективного выделен один гибрид сливы домашней (см. рисунок).

2011-01/15 (Кубанская ранняя × Волат) – отборная форма раннего срока созревания (первая – вторая декада августа); дерево имеет компактную пирамидальную крону и сдержанный рост, крона не загущается. Гибрид скороплодный – вступление в плодоношение на 3-й год при посадке в сад на клоновом подвое ВПК-1; основное плодоношение сосредоточено на многолетних обрастающих веточках, шпорцах; характерен базо- и мезотонический тип ветвления побегов, подмерзаний генеративной сферы после зим 2021–2022 и 2022–2023 гг. не отмечено.

Характеризуется комплексной устойчивостью к основным заболеваниям сливы грибной этиологии – кластероспориоз и монилиальная гниль. Средняя масса плода – 60 г, плоды несимметричные обратнойцевидной формы, углубление верхушки отчетливое, окраска фиолетово-синяя, на поверхности много белых подкожных точек, косточка свободная, мякоть средней плотности, желтая, сочная (см. рисунок). Плоды десертного вкуса – 8,5 балла, отделяемость косточки хорошая.

ВЫВОДЫ

Таким образом, проведена оценка 8 изучаемых гибридов сливы домашней по основным хозяйственно ценным признакам: зимостойкость, скороплодность, устойчивость к основным заболеваниям, основные товарно-вкусовые качества плодов.

По скороплодности (на 3-й год после посадки в сад) выделены гибриды 2011-01/15, 2012-02/60, 2012-02/61, 2012-02/17, полученные с участием родительских форм Волат, Кубанская ранняя, Амитар, Чачанска лепотица. Высокую зимостойкость проявили гибриды 2011-01/15, 2011-01/29 и 2012-02/60, в создании которых участвовали сорта Волат, Гилберт, Кубанская ранняя, Чачанска лепотица. Высокую устойчивость к кластероспориозу и плодовой гнили на естественном инфекционном фоне проявил гибрид 2011-01/15. Очень крупными плодами характеризовались отборы

2012-02/60 (48 г) и 2011-01/15 (60 г), отделяемость косточки от мякоти у всех гибридов была средней или хорошая, дегустационная оценка – от 8,0 до 8,5 балла.

На основании анализа полученных данных для дальнейшей селекционной работы выделены в качестве нового исходного материала две отборные формы, сочетающие на высоком уровне полевою зимостойкость, дегустационную оценку плодов и крупноплодность: 2012-02/60 (Чачанска лепотица (*Cacanska lepotica*) св. оп.) и 2011-01/29 (Гилберт (*Gilbert*) × Венера). По комплексу хозяйственно ценных признаков для дальнейшего сортоиспытания в качестве перспективного выделен гибрид сливы домашней 2011-01/15 (Кубанская ранняя × Волат), который характеризуется такими признаками, как высокая зимостойкость, устойчивость к кластероспориозу и плодовой гнили, очень крупными плодами (средняя масса – 60 г) десертного вкуса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васеха, В. В. Современное состояние плодоводства в Республике Беларусь / В. В. Васеха, А. А. Таранов // Плодоводство : сб. науч. тр. / РУП «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 сливы дамашняй / В. В. Васеха, М. М. Васильева, В. А. Мацвееў // Плодоводство : сб. науч. тр. / РУП «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. / Беларус. науч.-исслед. ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 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., Самохваловичи, 22–25 авг. 2017 г. / РУП «Ин-т плодоводства» ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – С. 26–34.
5. Васильева, М. Н. Интродуцированные сорта сливы домашней как исходный материал в создании новых сортов / М. Н. Васильева, В. А. Матвеев // Актуальные вопросы современной селекции плодовых культур : материалы Междунар. науч. конф., Самохваловичи, 22–25 авг. 2017 г. / РУП «Ин-т плодоводства» ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – С. 173–177.
6. Матвеев, В. А. Наследование некоторых признаков, определяющих урожайность сливы домашней / В. А. Матвеев, З. А. Козловская // Плодоводство : межведомств. темат. сб. / Беларус. науч.-исслед. ин-т картофелеводства и плодовоовощеводства ; редкол.: А. В. Кругляков (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 1986. – Вып. 6. – С. 33–38.
7. 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.
8. Генетические основы и методика селекции плодовых культур и винограда / З. А. Козловская [и др.] ; под общ. ред. З. А. Козловской. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 249 с.

CREATION OF A NEW SOURCE MATERIAL FOR BREEDING OF DOMESTIC PLUM

M. N. BORISENKO, V. V. VASEKHA

Abstract

The article presents the results of assessment of economically valuable traits (winter hardiness, early fruiting, resistance to major diseases, commodity and taste qualities of fruits) of 8 domestic plum hybrids – 2011-01/15, 2011-01/09, 2011-01/29, 2012-02/60, 2012-02/61, 2012-02/17, 2012-02/20, 2012-02/30, obtained using the Venera, Volat, Kabardinskaya rannyaya, Kubanskaya rannyaya, Gilbert, Amistar, Stanley, Chachanska lepotitsa varieties as parental forms.

Based on the analysis of the data received, two selected forms that combine field winter hardiness, tasting evaluation of fruits and large-fruitedness at a high level: 2012-02/60 (*Chachanska lepotica* (*Cacanska lepotica*) op. p.) and 2011-01/29 (*Gilbert* × *Venera*) were identified as a new source material for further breeding work. Taking into account a set of economically valuable traits, the domestic plum hybrid 2011-01/15 (*Kubanskaya rannyaya* × *Volat*) was identified as promising for further variety testing.

Keywords: selection, domestic plum, hybrid, parental form, winter hardiness, early fruiting, disease resistance, fruit quality, Belarus.

Поступила в редакцию 18.04.2024

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЧЕРЕШНИ НА КЛОНОВОМ ПОДВОЕ ВСЛ-2 В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫСОТЫ ОКУЛИРОВКИ И ГЛУБИНЫ ПОСАДКИ ДЕРЕВЬЕВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ РАЗМЕЩЕНИЯ

И. С. ЛЕОНОВИЧ, Н. Г. КАПИЧНИКОВА

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

АННОТАЦИЯ

В статье представлены данные по продуктивности черешни сорта Гасцинец на клоновом подвое ВСЛ-2 в период полного плодоношения насаждения (11–15-й годы после посадки) в зависимости от высоты окулировки в питомнике и глубины посадки деревьев при различных схемах размещения в саду. Установлено, что в период полного плодоношения сада окулировка клонового подвоя ВСЛ-2 в питомнике на высоте 60 см, независимо от заглубления подвойной части саженцев, и более плотная схема размещения $4,5 \times 1,5$ м, с плотностью посадки 1480 дер/га, обеспечивали более высокую суммарную урожайность за пять лет плодоношения – на уровне 126,1 т/га и получение большей средней урожайности с единицы площади – на 5,2 т/га, или на 26 %, больше по сравнению с более разреженной схемой размещения $4,5 \times 2,0$ м, с плотностью посадки 1110 дер/га.

Ключевые слова: черешня, сорт, клоновый подвой, высота окулировки, заглубление при посадке, схема размещения, урожайность, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Плоды черешни привлекательны, вкусны, полезны и пользуются большим спросом у населения. Кроме того, это первая плодовая культура, плоды которой поступают на стол потребителя в начале лета [1, 2]. Культуру возделывали несколько тысяч лет назад, и сегодня она не утратила актуальности в странах Средиземноморья, в Европе, Азии и Северной Америке.

В последнее время в большинстве стран мира современное садоводство ориентировано на интенсивные технологии, основными элементами которых являются сорта с малообъемными кронами деревьев, слаборослые подвои и уплотненные схемы посадки [1–14].

Необходимость постоянного совершенствования сортимента садовых культур обусловлена изменениями климата, социальных условий и новыми требованиями производства к сорту. Вклад сортов плодовых культур в увеличение качества и количества урожая может достигать 50–80 %, поэтому роль селекционного улучшения растений будет непрерывно возрастать. Одной из важных задач современного садоводства является создание сортов, пригодных для интенсивного садоводства, превосходящих по хозяйственно-биологическим признакам существующий сортимент [1–3].

Из всего сложного комплекса взаимодействий подвоя и привоя главным остается вопрос, как изменяется прививаемый сорт под влиянием подвоя. Для черешни важнейшей проблемой является высота дерева, что увеличивает затраты на уход за садами и становится препятствием для создания загущенных посадок. Долгое время черешня размножалась на семенных подвоях: сеянцах вишни, черешни, антипки (РВ 9, АФ 6/16 и АФ 3/9 (Германия), Piast и Popiel (Польша)). К середине XX ст. практически весь садоводческий мир перевел вишнево-черешневые сады на клоновые подвои: в различных учреждениях Германии созданы многочисленные подвои черешни серии CER, D, GI (или Gisela), Pi-KU, W (или Weigoot) и др.; в Бельгии выведены подвои серии GM (Camil (d. GM 79), Damil (d. GM 61/1), Immil (d. GM 9)); в Венгрии – серии СТ; в Италии – серии САВ; в США – серии МхМ (или Махма); в Чехии – серии PHL (PHL-A (d. PHL 84), PHL-B (d. PHL 224), PHL-C (d. PHL 6)); в Англии – Colt; во Франции – Tabel Edabriz, Fercatum – Pontavium, Fercaden – Pontariz; в Украине – Студениковская; в России – ВСЛ-1, ВСЛ-2, ВЦ-13, Л-2, ЛЦ-52 и др. [2, 6–11].

Одним из основных факторов, повышающих экономическую эффективность плодородства, является производство высококачественного посадочного материала, а элементом, повышающим качество саженцев в питомнике, – высокая окулировка. Однако в литературе описываются

весьма различные рекомендации по высоте ее проведения и глубине посадки саженцев в зависимости от биологических, породно-сортовых особенностей, почвенно-климатических и других условий. Поэтому исследования по изучению реакции на различную глубину посадки деревьев с разной высотой окулировки саженцев в питомнике в плодоносящих интенсивных насаждениях черешни в Республике Беларусь проводятся впервые.

Для получения высокой урожайности насаждения стоит понимать, что густота посадки деревьев должна вписываться в определенные нормы. Если говорить о высококлассных сортах черешни, то этот показатель составляет около полутора тысяч деревьев на один гектар. Средний показатель урожайности в хорошо сформированном саду может составлять порядка 20 т ягод с одного гектара. При более интенсивном воздействии на деревья данный показатель можно даже увеличить, но от этого будет страдать в первую очередь качество самих ягод [2, 12–14].

Цель настоящих исследований – определить продуктивность деревьев черешни сорта Гасцинец на клоновом подвое ВСЛ-2 в зависимости от высоты окулировки в питомнике и глубины посадки деревьев в саду при различных схемах размещения и на основании этого выделить оптимальные приемы технологии возделывания культуры, позволяющие получить высокие урожаи плодов, для закладки садов интенсивного типа.

МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в отделе технологии плодоводства РУП «Институт плодоводства» в 2019–2023 гг. Объектом исследований являлись деревья черешни сорта Гасцинец на перспективном клоновом подвое ВСЛ-2 при схемах размещения 4,5 × 2,0–1,5 м (плотность посадки – 1110 и 1480 дер/га соответственно) в опытном саду 2009 г. посадки. Повторность вариантов трехкратная. В каждом варианте не менее 9 учетных деревьев при схеме посадки 4,5 × 2,0 м и не менее 15 учетных деревьев при схеме посадки 4,5 × 1,5 м. Посадочный материал выращен в отделе питомниководства РУП «Институт плодоводства».

Варианты опыта

Деревья с окулировкой в питомнике на высоте 20 см от поверхности почвы:

без заглубления условной корневой шейки при посадке в сад (место прививки на 20 см выше уровня почвы);

с заглублением условной корневой шейки при посадке в сад на 10 см (место прививки на 10 см выше уровня почвы).

Деревья с окулировкой в питомнике на высоте 40 см от поверхности почвы:

с заглублением условной корневой шейки при посадке в сад на 10 см (место прививки на 30 см выше уровня почвы);

с заглублением условной корневой шейки при посадке в сад на 20 см (место прививки на 20 см выше уровня почвы);

с заглублением условной корневой шейки при посадке в сад на 30 см (место прививки на 10 см выше уровня почвы).

Деревья с окулировкой в питомнике на высоте 60 см от поверхности почвы:

с заглублением условной корневой шейки при посадке в сад на 20 см (место прививки на 40 см выше уровня почвы);

с заглублением условной корневой шейки при посадке в сад на 30 см (место прививки на 30 см выше уровня почвы);

с заглублением условной корневой шейки при посадке в сад на 40 см (место прививки на 20 см выше уровня почвы).

Система содержания почвы: в приствольных полосах – гербицидный пар, в междурядьях – естественный газон с 6–8-кратным скашиванием травостоя за сезон вегетации; защита от болезней и вредителей – согласно рекомендациям РУП «Институт защиты растений» [15].

Учет урожайности (кг/дер. и т/га) проводили в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [16].

Статистическую обработку полученных данных проводили методом однофакторного дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В среднем за пять лет плодоношения урожайность деревьев черешни сорта Гасцинец при разной высоте окулировки на клоновом подвое ВСЛ-2 достоверно не отличалась между вариантами с различным заглублением подвойной части саженцев при посадке, за исключением, при более разреженной схеме размещения $4,5 \times 2,0$ м, варианта с высотой окулировки 60 см и с заглублением условной корневой шейки саженцев при посадке в сад на 40 см, в котором получена максимальная средняя урожайность с дерева – 19,6 кг.

Большую среднюю урожайность с дерева, независимо от заглубления подвойной части саженцев при обеих схемах размещения ($4,5 \times 2,0$ и $4,5 \times 1,5$ м), отмечали при высоте окулировки 60 см – 18,0 и 17,0 кг соответственно. Меньшую среднюю урожайность отмечали при высоте окулировки 40 см – 15,4 и 13,7 кг соответственно, или на 14,4 и 19,4 % соответственно меньше по сравнению с высотой окулировки 60 см, или на 6,7 и 14,4 % соответственно меньше по сравнению с высотой окулировки 20 см. При обеих схемах размещения урожайность с дерева в вариантах с высотой окулировки 20 см была только на 5,9–8,3 % меньше по сравнению с высотой окулировки 60 см. При одинаковой высоте окулировки в опыте большую урожайность с дерева получали при меньшей плотности посадки сада (1110 дер/га).

В период полного плодоношения сада (11–15-й годы после посадки) большие суммарная и средняя урожайность с единицы площади были получены в варианте с высотой окулировки 60 см, независимо от заглубления подвойной части саженцев: при схеме размещения $4,5 \times 2,0$ м – 100,0 и 20,0 т соответственно, что на 8,4 т больше в сумме за пять лет плодоношения по сравнению с высотой окулировки 20 см и на 14,2 т больше по сравнению с высотой окулировки 40 см; при схеме размещения $4,5 \times 1,5$ м – 126,1 и 25,2 т соответственно, что на 8,3 т больше в сумме за пять лет плодоношения по сравнению с высотой окулировки 20 см и на 25,2 т больше по сравнению с высотой окулировки 40 см.

Более плотная схема размещения деревьев обеспечивала получение большей средней урожайности с единицы площади: при высоте окулировки 40 и 60 см – на 5,2 т/га, или на 28,4 и 26,0 % соответственно, больше по сравнению с более разреженной схемой размещения, а при высоте окулировки 40 см – на 3,1 т/га, или на 18,1 %, больше.

При меньшей плотности посадки сада с дерева снимали в среднем 16,7 кг плодов, или на 7,7 % больше, чем при более плотной схеме размещения $4,5 \times 1,5$ м, но в пересчете на единицу площади большую среднюю урожайность отмечали при более плотной схеме размещения – 22,9 т, что на 4,4 т, или на 23,8 %, больше, чем при более разреженной схеме посадки, т. е. более разреженная схема размещения обеспечивала получение большей урожайности с дерева, однако более плотная схема размещения деревьев обеспечивала получение большей урожайности с единицы площади (см. таблицу).

Урожайность деревьев черешни сорта Гасцинец на клоновом подвое ВСЛ-2 при различных схемах размещения в зависимости от высоты окулировки и заглубления условной корневой шейки подвойной части саженцев при посадке в сад, 2019–2023 гг.

Вариант окулировки и посадки деревьев		Урожайность		
		средняя, кг/дер.	суммарная, т/га	средняя, т/га
Схема размещения $4,5 \times 2,0$ м				
Окулировка на высоте 20 см от поверхности почвы	без заглубления	16,8	93,3	18,7
	с заглублением на 10 см	16,2	89,9	18,0
	<i>средняя по варианту</i>	<i>16,5</i>	<i>91,6</i>	<i>18,3</i>
	НСР _{0,05}	$F_{\phi} < F_{\tau}$		$F_{\phi} < F_{\tau}$
Окулировка на высоте 40 см от поверхности почвы	с заглублением на 10 см	15,7	87,3	17,5
	с заглублением на 20 см	15,1	83,9	16,8
	с заглублением на 30 см	15,5	86,1	17,2
	<i>средняя по варианту</i>	<i>15,4</i>	<i>85,8</i>	<i>17,1</i>
	НСР _{0,05}	$F_{\phi} < F_{\tau}$		$F_{\phi} < F_{\tau}$

Вариант окулировки и посадки деревьев		Урожайность		
		средняя, кг/дер.	суммарная, т/га	средняя, т/га
Окулировка на высоте 60 см от поверхности почвы	с заглублением на 20 см	17,1	95,0	19,0
	с заглублением на 30 см	17,3	96,3	19,3
	с заглублением на 40 см	19,6	108,7	21,7
	<i>средняя по варианту</i>	<i>18,0</i>	<i>100,0</i>	<i>20,0</i>
НСР _{0,05}		1,51		1,68
Средняя по схеме размещения 4,5 × 2,0 м		16,7	92,5	18,5
Схема размещения 4,5 × 1,5 м				
Окулировка на высоте 20 см от поверхности почвы	без заглубления	15,5	114,5	22,9
	с заглублением на 10 см	16,4	121,2	24,2
	<i>средняя по варианту</i>	<i>16,0</i>	<i>117,8</i>	<i>23,5</i>
	НСР _{0,05}	$F_{\phi} < F_{\tau}$		$F_{\phi} < F_{\tau}$
Окулировка на высоте 40 см от поверхности почвы	с заглублением на 10 см	14,0	103,8	20,8
	с заглублением на 20 см	14,4	105,9	21,2
	с заглублением на 30 см	12,6	93,1	18,6
	<i>средняя по варианту</i>	<i>13,7</i>	<i>100,9</i>	<i>20,2</i>
НСР _{0,05}		$F_{\phi} < F_{\tau}$		$F_{\phi} < F_{\tau}$
Окулировка на высоте 60 см от поверхности почвы	с заглублением на 20 см	17,4	128,6	25,7
	с заглублением на 30 см	16,9	125,2	25,0
	с заглублением на 40 см	16,8	124,5	24,9
	<i>средняя по варианту</i>	<i>17,0</i>	<i>126,1</i>	<i>25,2</i>
НСР _{0,05}		$F_{\phi} < F_{\tau}$		$F_{\phi} < F_{\tau}$
Средняя по схеме размещения 4,5 × 1,5 м		15,5	114,6	22,9

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований установлено влияние высоты окулировки клонового подвоя ВСЛ-2 в питомнике и плотности посадки сада на урожайность черешни сорта Гасцинец.

Более высокая суммарная урожайность черешни сорта Гасцинец в период полного плодоношения сада была получена при окулировке клонового подвоя ВСЛ-2 в питомнике на высоте 60 см, независимо от заглубления подвойной части саженцев, при схеме размещения 4,5 × 1,5 м – 126,1 т/га.

Более плотная схема размещения деревьев обеспечивала получение большей средней урожайности с единицы площади на 5,2 т/га, или на 26 %, больше по сравнению с более разреженной схемой размещения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гусейнова, Б. М. Комплексная оценка новых перспективных сортов черешни дагестанской селекции [Электронный ресурс] / Б. М. Гусейнова, М. Д. Абдулгамидов // Отраслевой портал «Аграр. наука» : Агротомия, 10.08.2023. – Режим доступа: <https://agrarnayanauka.ru/kompleksnaya-ocenka-novyh-perspektivnyh-sortov-chereshni-dagestanskoj-selekczi/>. – Дата доступа: 22.01.2024.
2. Sadownictwo : podręcz. / А. Czynczyk [et al.]. – Warszawa : Hortress, 2002. – 612 s.
3. Бабинцева, Н. А. Влияние формы кроны на рост и плодоношение деревьев черешни (*Prunus avium* L.) в условиях Крыма / Н. А. Бабинцева // Бюллетень ГНБС / Гос. Никит. ботан. сад ; редкол.: Ю. В. Плугатарь (гл. ред.) [и др.]. – Ялта, 2017. – Вып. 123. – С. 71–76.
4. Еремин, Г. В. Опыт создания высокоплотных насаждений косточковых культур / Г. В. Еремин, А. В. Проворченко, В. Г. Еремин // Экологическая оценка типов высокоплотных плодовых насаждений на клоновых подвоях : материалы II междунар. симп., посвящ. 80-летию со дня рождения А. С. Девятова, Самохваловичи, 12–15 авг. 2003 г. / Ин-т плодоводства Нац. акад. наук Беларуси ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2003. – С. 139–141.
5. Усейнов, Д. Р. Продуктивность насаждений черешни (*Prunus avium* L.) на слаборослом подвое ВСЛ-2 в зависимости от способов формирования кроны / Д. Р. Усейнов, В. М. Горина // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ / Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства ; редкол.: И. М. Куликов (гл. ред.) [и др.]. – М., 2019. – Т. 58. – С. 319–326.
6. Меженский, В. Н. Черешня, будь пониже / В. Н. Меженский // Огородник. – 2004. – № 12. – С. 24–27.

7. Меженский, В. Н. Слаборослые подвой: снижают размеры деревьев, ускоряют плодоношение / В. Н. Меженский // Огородник. – 2005. – № 6. – С. 18–21.
8. Астахов, А. А. Сила роста и продуктивность сортов черешни на клоновых подвоях / А. А. Астахов // Гл. агроном. – 2019. – № 3. – С. 53–55.
9. Галимов, В. Р. Подвойные комбинации для вишни и черешни / В. Р. Галимов // Приемы повышения адаптивности косточковых культур, вопросы осеверения и расширения границ садоводства : сб. материалов Междунар. симп., Челябинск, 29 нояб. – 1 дек. 2011 г. / Науч.-произв. об-ние «Сад и огород». – Челябинск, 2011. – С. 168–171.
10. Еремин, Г. В. Новые клоновые подвой вишни и черешни / Г. В. Еремин, А. В. Проворченко // Садоводство и виноградарство. – 1997. – № 5–6. – С. 12–13.
11. Упадышева, Г. Ю. Особенности возделывания традиционно южных косточковых культур в средней полосе России / Г. Ю. Упадышева // Косточковые культуры в садоводстве и декоративном озеленении : сб. материалов VI Всерос. съезда садоводов, Челябинск, 29–30 нояб. 2012 г. / Науч.-произв. об-ние «Сады России», Всерос. об-ние садоводов. – Челябинск, 2012. – С. 91–93.
12. Барабаш, Т. М. Ріст і продуктивність дерев черешні за різних площ живлення / Т. М. Барабаш // Садівництво. – 2006. – Вип. 59. – С. 120–125.
13. Барабаш, Т. М. Вплив ущільненого садіння на продуктивність дерев черешні (*Cerasus avium* Moench) / Т. М. Барабаш // Наук. вісн. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. – 2009. – № 133. – С. 248–254.
14. Проворченко, А. В. Эффективность насаждений черешни на клоновом подвое ВСЛ-2 с различной плотностью посадки деревьев [Электронный ресурс] / А. В. Проворченко, Н. И. Варфоломеева // Политемат. сетевой электрон. науч. журн. Куб. гос. аграр. ун-та, 2014. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-nasazhdeniy-chereshni-na-klonovom-podvove-vsl-2-srazlichnoy-plotnosti-positki-dereviev>. – Дата доступа: 22.01.2024.
15. Возделывание черешни / В. А. Самусь [и др.] // Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посадочного материала : сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси ; рук. разработ.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2010. – С. 275–287.
16. Програма і 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. – Орел : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
17. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учеб. пособие / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1979. – 416 с.

YIELD OF SWEET CHERRY ON VSL-2 CLONAL ROOTSTOCK DEPENDING ON THE BUDDING HEIGHT AND PLANTING DEPTH OF TREES UNDER VARIOUS PLACEMENT PATTERNS

I. S. LEONOVICH, N. G. KAPICHNIKOVA

Abstract

The article presents data concerning the yield of the sweet cherry *Hastinets* variety on clonal rootstock VSL-2 during the period of full fruiting of the garden (in the 11–15th years after planting) depending on the budding height in the nursery and the depth of tree planting under various placement patterns in the garden. It was established that during the full fruiting period, the budding of clonal rootstock VSL-2 in a nursery at a height of 60 cm, regardless of the depth of the seedlings rootstock, and a denser placement pattern of 4.5 × 1.5 m, with a planting distance of 1480 trees/ha, ensured a higher cumulative yield over five years of fruiting – at the level of 126.1 t/ha and obtaining a larger average yield from a unit area – by 5.2 t/ha, or 26 % more compared to a more rarefied planting pattern of 4, 5 × 2.0 m, with planting density of 1110 trees/ha.

Keywords: sweet cherry, variety, clonal rootstock, budding height, deepening in planting, planting pattern, yield, Belarus.

Поступила в редакцию 27.02.2024

УРОЖАЙНОСТЬ СОРТОВ ЧЕРЕШНИ НА КЛОНОВОМ ПОДВОЕ ВСЛ-2 В ИНТЕНСИВНОМ САДУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕЗВИРУСНОГО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА

И. С. ЛЕОНОВИЧ, Н. Г. КАПИЧНИКОВА

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

АННОТАЦИЯ

В результате проведенных исследований установлено, что максимальная урожайность сортов черешни на клоновом подвое ВСЛ-2 при схеме размещения $4,5 \times 2,0$ м за 5 лет товарного плодоношения была получена на 7-й год после посадки сада, заложенного безвирусным посадочным материалом: у сорта Гасцинец – 34,8 т/га, или на 8,7 % превышающая заявленную селекционерами потенциальную урожайность сорта на семенном подвое черешня дикая (32,0 т/га), у сорта Красная плотная – 32,2 т/га, или на 7,3 % превышающая потенциальную урожайность сорта на семенном подвое (30,0 т/га), у сорта Фатеж на клоновом подвое ВСЛ-2 – 22,4 т/га, но на 10,4 % меньше по сравнению с деревьями на семенном подвое с потенциальной урожайностью 25,0 т/га, у сорта Ипать на клоновом подвое ВСЛ-2 – 18,2 т/га, но на 35,0 % меньше по сравнению с деревьями на семенном подвое черешня дикая с потенциальной урожайностью 28,0 т/га.

По наибольшей суммарной и средней урожайности за 5 лет товарного плодоношения выделен сорт Гасцинец, урожайность которого составила 102,7 и 20,5 т/га соответственно. Меньшая суммарная и средняя урожайность с единицы площади была получена у сортов Фатеж – 77,1 и 15,4 т/га и Ипать – 77,8 и 15,6 т/га соответственно. Промежуточное положение занял сорт Красная плотная, суммарная и средняя урожайность которого составила 83,7 и 16,7 т/га соответственно.

Ключевые слова: черешня, сорт, клоновый подвой, безвирусный посадочный материал, культура *in vitro*, урожайность, потенциальная продуктивность, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Успешное развитие садоводства определяется наличием высокотехнологичных, адаптированных к условиям выращивания сортов и подвоев, оптимальных способов их размножения, учитывающих фитосанитарные составляющие процесса получения саженцев, а также интенсификации технологий производства плодов. В настоящее время особый интерес потребителей вызывает наиболее ранняя созревающая косточковая культура – черешня.

На данном этапе важнейшая проблема в плодоводстве – сильный рост растений данной культуры из-за отсутствия достаточного количества подходящих слаборослых сортов и клоновых карликовых подвоев, способствующих повышению технологичности насаждения и снижению ежегодных затрат на уход (обрезка, применение средств защиты растений и некорневых подкормок удобрениями, сбор урожая). Проблема создания подвоев для косточковых культур не утратила своей актуальности, а в странах с более холодным климатом зачастую носит решающий характер для обеспечения стабильного производства и распространения породы. В государственном реестре сортов сельскохозяйственных растений Беларуси отсутствуют клоновые подвои для черешни, допущенные для промышленного производства [1–11].

В то же время применение вегетативных подвоев является одним из способов переноса вирусов, что увеличивает опасность получения зараженного потомства, одновременно возрастает возможность образования комплексов вирусов, привнесенных подвойным и привойным компонентом саженцев, более вредоносных, чем отдельные составляющие его вирусы. Для выхода из создавшегося положения необходима закладка интенсивных садов с использованием полностью оздоровленного посадочного материала (как подвоев, так и сортов), обладающего высокой экологической пластичностью, высокой устойчивостью к стрессовой нагрузке и высокой способностью размножаться вегетативно [12]. Однако исследователями отмечается изменение характеристик вегетативного и генеративного развития растений, полученных в культуре *in vitro*, и, как

правило, вегетативная продуктивность таких растений увеличивается в большей степени, чем генеративная, что связывается как с ювенилизацией растений, выращиваемых из меристематических тканей, так и с освобождением растений от системных патогенов [13]. Ускоренное размножение высококачественных подвоев и новых урожайных сортов плодовых культур, свободных от патогенных вирусов, – приоритетное направление в мировом плодоводстве.

Цель исследований – оценить урожайность сортов черешни Гасцинец, Ипуть, Красная плотная, Фатеж на клоновом подвое ВСЛ-2 в интенсивном саду с использованием безвирусного посадочного материала, полученного в культуре *in vitro*.

МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в саду, заложенном весной 2013 г. однолетним посадочным материалом, полученным в культуре *in vitro* и выращенным в отделе биотехнологии РУП «Институт плодоводства», по схеме размещения 4,5 × 2,0 м с плотностью посадки 1110 дер/га. Повторность вариантов 4-кратная, в варианте по 20 учетных деревьев.

Система формирования кроны – свободное веретено. Система содержания почвы: в приствольных полосах – гербицидный пар, в междурядьях – естественный газон с 6–8-кратным скашиванием за сезон вегетации. Защита от болезней и вредителей – согласно рекомендациям РУП «Институт защиты растений» [14].

Исследования проводили согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [15]. Статистическую обработку полученных данных выполняли методом однофакторного дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно данным проведенных нами ранее исследований [17, 18], сорта черешни Гасцинец, Красная плотная и Фатеж на клоновом подвое ВСЛ-2 вступили в плодоношение на 5-й год после посадки в сад, заложенный безвирусным посадочным материалом, т. е. на год позже, чем на семенном подвое черешня дикая, а сорт Ипуть – на 6-й год после посадки в сад, или на 2 года позже, чем на семенном подвое черешня дикая.

Важным моментом при изучении скороплодности и урожайности привойно-подвойных комбинаций является анализ темпов нарастания урожайности по годам. Выращивание плодовых культур на слаборослых подвоях ускоряет вступление дерева в плодоношение и несколько сглаживает различия по этому признаку между сортами. У культур на карликовых подвоях в течение вегетации раньше заканчивается период активного роста, они не только быстрее начинают плодоносить, но и быстрее реализуют потенциал продуктивности [15].

В результате проведенных исследований установлено, что на 7-й год после посадки сада была получена максимальная урожайность с дерева у сорта Гасцинец – 31,4 кг/дер., затем по убыванию: у сорта Красная плотная – 29,0 кг/дер., или на 7,7 % меньше по сравнению с сортом Гасцинец; у сорта Фатеж – 20,2 кг/дер., или на 35,7 % меньше по сравнению с сортом Гасцинец и на 30,3 % меньше по сравнению с сортом Красная плотная; у сорта Ипуть – 16,4 кг/дер., или на 47,8 % меньше по сравнению с сортом Гасцинец, на 43,4 % меньше по сравнению с сортом Красная плотная и на 18,8 % меньше по сравнению с сортом Фатеж (см. таблицу).

Урожайность сортов черешни на клоновом подвое ВСЛ-2 в саду 2013 г. посадки, заложенном безвирусным посадочным материалом, 2019–2023 гг.

Сорт	Урожайность						
	2019	2020	2021	2022	2023	Суммарная за 2019–2023	Средняя за 2019–2023
Урожайность, кг/дер.							
Гасцинец	31,4	18,0	13,5	11,4	18,2	92,5	18,5
Ипуть	16,4	13,3	14,7	12,8	12,9	70,1	14,0
Красная плотная	29,0	10,5	9,3	10,1	16,5	75,4	15,1
Фатеж	20,2	9,5	12,0	10,7	17,1	69,5	13,9
НСР _{0,05}	2,83	1,28	0,62	0,87	1,09		

Окончание табл.

Сорт	Урожайность						
	2019	2020	2021	2022	2023	Суммарная за 2019–2023	Средняя за 2019–2023
Урожайность, т/га							
Гасцинец	34,8	20,0	15,0	12,7	20,2	102,7	20,5
Ипуть	18,2	14,8	16,3	14,2	14,3	77,8	15,6
Красная плотная	32,2	11,7	10,3	11,2	18,3	83,7	16,7
Фатеж	22,4	10,5	13,3	11,9	19,0	77,1	15,4

Согласно данным наших исследований в 2019 г., на 7-й год после посадки сада безвирусным посадочным материалом максимальная урожайность с единицы площади была получена у сорта Гасцинец на клоновом подвое ВСЛ-2 – 34,8 т/га, что на 8,7 % больше, чем заявленная селекционерами потенциальная урожайность при схеме посадки 5 × 3 м на семенном подвое черешня дикая (32,0 т/га) [4].

У сорта Красная плотная на клоновом подвое ВСЛ-2 была получена максимальная урожайность 32,2 т/га, что на 7,3 % больше по сравнению с деревьями на семенном подвое черешня дикая при схеме посадки 5 × 3 м с потенциальной урожайностью 30,0 т/га [4].

У сорта Фатеж на клоновом подвое ВСЛ-2 получена максимальная урожайность 22,4 т/га, что на 10,4 % меньше по сравнению с деревьями на семенном подвое черешня дикая при схеме посадки 5 × 3 м с потенциальной урожайностью 25,0 т/га [4].

У сорта Ипуть на клоновом подвое ВСЛ-2 получена максимальная урожайность 18,2 т/га, что на 35,0 % меньше по сравнению с деревьями на семенном подвое черешня дикая при схеме посадки 5 × 3 м с потенциальной урожайностью 28,0 т/га [4].

Погодные условия в период образования и роста завязи отражаются на урожае и качестве плодов. Несмотря на близкие к многолетним данным среднемесячные значения температуры воздуха, существенные ее колебания в течение каждого месяца на протяжении вегетационного периода 2020 г., при дефиците влаги в мае, июле и августе и ее значительном избытке в июне, оказали негативное влияние на формирование и рост плодов.

Поэтому урожайность деревьев черешни в 2020 г. различалась в зависимости от сорта и по сравнению с 2019 г.: на деревьях сформировалось больше плодов – у сорта Гасцинец – 18,0 кг/дер., но на 42,7 % меньше по сравнению с урожайностью 2019 г., у сорта Ипуть – 13,3 кг/дер., или на 18,9 % меньше по сравнению с урожайностью 2019 г., у сорта Красная плотная – 10,5 кг/дер., или на 63,8 % меньше по сравнению с урожайностью 2019 г., у сорта Фатеж – 9,5 кг/дер., или на 53,0 % меньше по сравнению с урожайностью 2019 г. (это самая минимальная урожайность сорта за 5 лет плодоношения).

Минимальную же урожайность на протяжении 5 лет плодоношения для каждого сорта отмечали в разные годы, т. е. нельзя сказать о единственной причине влияния на урожайность, например, метеорологических условий, а сказывается комплекс факторов, которые мы зачастую не учитываем или не можем учесть.

Самую минимальную урожайность с единицы площади в 2020 г. отмечали для сорта Фатеж – 10,5 т/га, или на 32,0 % меньше по сравнению со средней за 2019–2023 гг. (15,4 т/га), в 2021 г. для сорта Красная плотная – 10,3 т/га, или на 38,0 % меньше по сравнению со средней за 2019–2023 гг. (16,7 т/га), в 2022 г. для сорта Гасцинец – 12,7 т/га, или на 38,0 % меньше по сравнению со средней за 2019–2023 гг. (20,5 т/га), в 2022 и 2023 гг. для сорта Ипуть – 14,2 и 14,3 т/га соответственно, что только на 8,0–9,0 % меньше по сравнению со средней за 2019–2023 гг. (15,6 т/га).

По суммарной урожайности товарного плодоношения сада за 5 лет сорта расположились в следующей последовательности по мере увеличения: Фатеж – 77,1 т/га и Ипуть – 77,8 т/га, Красная плотная – 83,7 т/га, а первое место занимает сорт Гасцинец – 102,7 т/га.

По наибольшей средней урожайности за 5 лет плодоношения стоит выделить сорт Гасцинец, урожайность которого составила 18,5 кг/дер., или 20,5 т/га. Меньшая средняя урожайность в опыте была получена у сортов Фатеж и Ипуть – 13,9 и 14,0 кг/дер., или 15,4 и 15,6 т/га, соответственно, промежуточное положение занял сорт Красная плотная, средняя урожайность которого составила 15,1 кг/дер., или 16,7 т/га.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований установлено, что максимальная урожайность сортов черешни на клоновом подвое ВСЛ-2 за 5 лет товарного плодоношения была получена на 7-й год после посадки сада, заложенного безвирусным посадочным материалом, полученным в культуре *in vitro*: у сорта Гасцинец – 34,8 т/га, или на 8,7 % больше потенциальной урожайности сорта на семенном подвое черешня дикая при схеме посадки 5 × 3 м (32,0 т/га), у сорта Красная плотная – 32,2 т/га, или на 7,3 % больше потенциальной урожайности сорта на семенном подвое (30,0 т/га), у сорта Фатеж на клоновом подвое ВСЛ-2 – 22,4 т/га, но на 10,4 % меньше по сравнению с деревьями на семенном подвое с потенциальной урожайностью 25,0 т/га, у сорта Ипуть – 18,2 т/га, но на 35,0 % меньше по сравнению с деревьями на семенном подвое черешня дикая с потенциальной урожайностью 28,0 т/га.

По наибольшей суммарной и средней урожайности за 5 лет товарного плодоношения выделен сорт Гасцинец, урожайность которого составила 102,7 и 20,5 т/га соответственно. Меньшая суммарная и средняя урожайность с единицы площади была получена у сортов Фатеж – 77,1 и 15,4 т/га и Ипуть – 77,8 и 15,6 т/га соответственно. Промежуточное положение занял сорт Красная плотная, суммарная и средняя урожайность которого составила 83,7 и 16,7 т/га соответственно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Разработки, формирующие современный облик садоводства / Е. А. Егоров [и др.] ; под общ. ред. В. П. Поповой. – Краснодар : СКЗНИИСиВ, 2011. – 316 с.
2. Васеха, В. В. Некоторые показатели развития плодоводства в Республике Беларусь / В. В. Васеха // Пути повышения эффективности современного плодоводства : материалы Междунар. науч. конф., аг. Самохваловичи, 21–23 авг. 2018 г. / Ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – С. 9–18.
3. Вышинская, М. И. Новые сорта черешни белорусской селекции / М. И. Вышинская, А. А. Таранов // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ по материалам междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы современного плодоводства», посвящ. 75-летию со дня рождения акад. РАСХН И. В. Казакова / Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства ; редкол.: И. М. Куликов [и др.]. – М., 2012. – Т. XXXII. – Ч. 2. – С. 285–291.
4. Таранов, А. А. Черешня / А. А. Таранов, И. Г. Полубяtko // Генофонд плодовых и ягодных растений Беларуси: атлас сортов плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда / З. А. Козловская [и др.] ; под общ. ред. З. А. Козловской, А. А. Таранова ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т плодоводства. – Минск, 2020. – С. 242–263.
5. Джигаdло, Е. Н. Совершенствование методов селекции, создание сортов вишни и черешни, их подвоев с экологической адаптацией к условиям Центрального региона России / Е. Н. Джигаdло. – Орел : ВНИИСПК, 2009. – 268 с.
6. Дрaбудько, Н. Н. Районированные и перспективные подвои вишни, черешни в Республике Беларусь / Н. Н. Дрaбудько // Плодоводство : сб. науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства» ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Т. 21. – Самохваловичи, 2009. – С. 215–222.
7. Косточковые культуры. Выращивание на клоновых подвоях и собственных корнях / Г. В. Еремин [и др.] ; под общ. ред. Г. В. Еремина. – Ростов н/Д : Феникс, 2000. – С. 3–27.
8. Самусь, В. А. Результаты изучения клоновых подвоев вишни и черешни в условиях центральной части Беларуси / В. А. Самусь, Н. Н. Дрaбудько // Плодоводство : сб. науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства» ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2009. – Т. 21. – С. 205–214.
9. Соломатин, Н. М. Генофонд вегетативно размножаемых форм яблони для улучшения сортимента подвоев, сырьевых и декоративных сортов в условиях ЦЧР : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.05 / Н. М. Соломатин ; Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства. – М., 2018. – 41 с.
10. 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 / РУП «Ин-т плодоводства» ; отв. за вып. В. В. Васеха. – Самохваловичи : [б. и.], 2023. – 32 с.
11. Таранов, А. А. Оценка элитных гибридов черешни по комплексу хозяйственно ценных признаков / А. А. Таранов, И. Г. Полубяtko // Плодоводство : сб. науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства» ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – Т. 29. – С. 101–106.
12. Создание репозитория оздоровленного коммерческого сортимента яблони, груши и их клоновых подвоев / Н. В. Кухарчик [и др.] // Плодоводство : сб. науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства» ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2021. – Т. 33. – С. 48–55.
13. Кухарчик, Н. В. Вегетативная продуктивность клоновых подвоев вишни и черешни, полученных в культуре *in vitro* / Н. В. Кухарчик, Т. А. Красинская // Плодоводство : сб. науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства» ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2010. – Т. 22. – С. 148–154.

14. Возделывание черешни / В. А. Самусь [и др.] // Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посадочного материала : сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси ; рук. разработ.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2010. – С. 275–287.

15. 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. – Орел : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.

16. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учеб. пособие / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1979. – 416 с.

17. Капичникова, Н. Г. Рост и плодоношение деревьев черешни в первые годы после посадки оздоровленным посадочным материалом / Н. Г. Капичникова, И. С. Леонович, Н. В. Игнаткова // Пути повышения эффективности современного плодоводства : материалы Междунар. науч. конф., аг. Самохваловичи, 21–23 авг. 2018 г. / Ин-т плодородства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – С. 75–80.

18. Леонович, И. С. Сравнительная оценка сортов черешни по урожайности в саду, заложенном оздоровленным посадочным материалом / И. С. Леонович, Н. Г. Капичникова // Плодоводство Беларуси: от традиций к инновациям : материалы Междунар. науч. конф. (аг. Самохваловичи, 18–19 авг. 2022 г.) / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т плодородства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – С. 102–107.

YIELD OF SWEET CHERRY VARIETIES ON CLONAL ROOTSTOCK VSL-2 IN AN INTENSIVE GARDEN WITH THE USE OF VIRUS-FREE PLANTING MATERIAL

I. S. LEONOVICH, N. G. KAPICHNIKOVA

Abstract

Resulting from the performed study it was established that the maximum yield of sweet cherry varieties on the VSL-2 clonal rootstock with a placement pattern of 4.5×2.0 m over 5 years of commercial fruiting was obtained in the 7th year after planting the orchard with virus-free planting material: in particular, for the Hastinets variety – 34.8 t/hectare, or 8.7 % higher than the potential yield of the variety declared by breeders on the seed mazzard rootstock (32.0 t/hectare), for the Krasnaya plotnaya variety – 32.2 t/hectare, or 7.3 % exceeding the potential yield of the variety on seed rootstock (30.0 t/hectare), for the Fatezh variety on clonal rootstock VSL-2 – 22.4 t/hectare, but 10.4 % less compared to trees on seed rootstock with a potential yield of 25.0 t/hectare, for the Iput variety on the clonal rootstock VSL-2 – 18.2 t/hectare, but 35.0 % less compared to trees on the seed mazzard rootstock with a potential yield of 28.0 t/hectare.

According to the highest cumulative and average yield over 5 years of commercial fruiting, the Hastinets variety was distinguished, the yield of which was 102.7 and 20.5 t/hectare, respectively. Lower cumulative and average yield per unit area was obtained from the Fatezh variety – 77.1 and 15.4 t/hectare and the Iput variety – 77.8 and 15.6 t/hectare, respectively. The Krasnaya plotnaya variety took an intermediate position, the cumulative and average yield of which was 83.7 and 16.7 t/hectare, respectively.

Keywords: sweet cherry, variety, clonal rootstock, virus-free planting material, in vitro culture, yield, potential yield, Belarus.

Поступила в редакцию 18.03.2024

ВЛИЯНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТА НА РОСТ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Е. В. ПОУХ, Т. П. КОБРИНЕЦ, О. С. ИВАНОВА

РУП «Брестская ОСХОС НАН Беларуси»,
ул. Урбановича, 5, г. Пружаны, Брестская область, 224145, Беларусь,
e-mail: elena.v.poukh@yandex.by

АННОТАЦИЯ

Исследования проводили в 2021–2022 гг. в отделе плодоводства РУП «Брестская ОСХОС НАН Беларуси» в лабораторных условиях. Объектами исследований являлись растения-регенеранты *in vitro* земляники садовой сортов Азия, Альба, Флоренс.

Данные исследования по влиянию спектрального состава света на рост земляники садовой в культуре *in vitro* показали, что длина рожка растений-регенерантов увеличивалась при использовании спектральных составов света: «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет» – $(6,8 \pm 0,14)$ мм на IV пассаже; «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет» – $(5,7 \pm 0,25)$ мм и «полный спектр» – $(6,1 \pm 0,37)$ мм на V пассаже. Среднее количество листьев растений-регенерантов увеличивалось при применении спектрального состава света «белый свет (контроль)» – $(5,7 \pm 0,42)$ шт. на III пассаже и $(5,7 \pm 0,17)$ шт. на V пассаже; «красный, синий» – $(5,0 \pm 0,37)$ шт. на II и $(5,8 \pm 0,52)$ шт. III пассажах; «красный, синий, оранжевый» – $(5,7 \pm 0,39)$ шт. на III пассаже. Для получения большего коэффициента размножения рекомендуется использование спектрального состава света «полный спектр» (среднее значение за четыре пассажа составило $2,54 \pm 0,16$).

Ключевые слова: спектральный состав света, земляника садовая, размножение *in vitro*, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Анализируя различные литературные источники, было установлено, что современные светодиоды перекрывают диапазон оптического спектра от красного до фиолетового. Это позволяет подбирать необходимую часть спектра под культивируемое растение. Дает возможность избежать теплового и ультрафиолетового излучения, ожогов и обезвоживания [1–3].

Свет как важнейший фактор для фотосинтеза и развития растений оказывает влияние на их рост, морфологию, плодоношение. Основными характеристиками света, влияющими на развитие растений, являются интенсивность освещения и изменение спектрального состава [4, 5].

Исследования по изучению влияния спектрального состава света для культивирования растений в условиях *in vitro* являются перспективными и актуальными для изучения [6, 7]. В Барановичском государственном университете было экспериментально установлено, что синий свет стимулирует корнеобразование и увеличение биомассы земляники садовой в условиях *in vitro* и *ex vitro* [8, 9].

По данным Л. В. Баулиной, полученным во Всероссийском селекционно-технологическом институте садоводства и питомниководства Российской академии сельскохозяйственных наук, установлено, что освещение красным светом растений земляники сортов Амулет и Профьюжен на этапах микроразмножения и укоренения *in vitro* способствует увеличению числа генеративных образований в поле. Освещение синим светом растений земляники сорта Пурпуровая на этапах микроразмножения и укоренения *in vitro* сдерживает появление генеративных образований в полевых условиях [10].

Известно, что на этапе собственно микроразмножения всех культур главным является увеличение коэффициента размножения. На пролиферацию земляники садовой существенное влияние оказывает как питательная среда, так и спектральный состав светильников [11].

Целью исследования было изучение влияния различного спектрального состава света на морфометрические показатели развития растений-регенерантов земляники садовой в культуре *in vitro*.

МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работу проводили в отделе плодоводства РУП «Брестская ОСХОС НАН Беларуси» в 2021–2022 гг. в лабораторных условиях. Объекты исследований – растения-регенеранты *in vitro* земляники садовой сортов Азия, Альба, Флоренс.

Для культивирования растений-регенерантов применяли питательную среду Мурасиге и Скуга с содержанием 6-бензиламинопурина (6-БАП) – 0,5 мг/л, индолилмасляной кислоты (ИМК) – 0,1 мг/л, гибберелловой кислоты (ГК) – 0,1 мг/л. Растения культивировали в течение 3–4 недель при температуре +23...+25 °С, освещенность – 2,5–3,5 тыс. лк, световой режим – 16/8 ч [12]. Повторность двукратная, по 10 растений в повторности.

В качестве экспериментальных источников освещения использовали лампы с различным спектральным составом света: лампа светодиодная белого света (контроль), 40 Вт, производитель – Китай; светильник светодиодный (полный спектр), 21,5 Вт, производитель – ЦСОТ НАН Беларуси, Беларусь; светильник светодиодный (сине-красный спектр: красный – 660 нм, синий – 430 нм, инфракрасный – 730 нм, ультрафиолетовый – 400 нм), 14 Вт, производитель – «Ханджоу Джанкшин», Китай; светильник светодиодный (красно-синий спектр 5 : 1: красный – 650 нм, синий – 450 нм), 15 Вт, производитель – «ОПАЛТЕК (ГК) Лимитед», Китай; фитосветильник светодиодный (красный – 610–650 нм, синий – 450–465 нм, оранжевый – 610–620 нм), 18 Вт, производитель – ЗАО «Лидер-Монтаж», Беларусь.

Статистическую обработку проводили в программе Statistica 10.0, используя ANOVA, однофакторный дисперсионный анализ, критерий Дункана при $p < 0,05$ для сравнения средних значений.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного однофакторного дисперсионного анализа на этапе микроразмножения в культуре *in vitro* установлено, что изучаемые спектральные составы света достоверно влияли ($p < 0,001$) на длину рожка, среднее количество листьев, коэффициент размножения растений-регенерантов земляники садовой.

На протяжении II и III пассажей при изучаемых спектральных составах света длина рожка растений-регенерантов земляники садовой колебалась незначительно: от $(4,2 \pm 0,23)$ до $(5,1 \pm 0,18)$ мм и от $(4,6 \pm 0,44)$ до $(5,9 \pm 0,34)$ мм соответственно (табл. 1), поскольку на первых пассажах идет стабилизация культуры. Большую длину рожка формировали растения, содержащиеся под спектральным составом света «красный, синий» и «белый свет (контроль)» на II пассаже – $(5,1 \pm 0,18)$ и $(5,1 \pm 0,17)$ мм соответственно, и «белый свет (контроль)» на III пассаже – $(5,9 \pm 0,34)$ мм [13].

Таблица 1. Влияние спектрального состава света на среднюю длину рожка растений-регенерантов земляники садовой, мм

Вариант	II пассаж	III пассаж	IV пассаж	V пассаж
Белый свет (контроль)	$5,1 \pm 0,17$	$5,9 \pm 0,34a$	$5,2 \pm 0,17bc$	$5,4 \pm 0,11bc$
Полный спектр	$4,3 \pm 0,56$	$4,6 \pm 0,44b$	$5,6 \pm 0,38bc$	$6,1 \pm 0,37a$
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	$4,6 \pm 0,22$	$4,7 \pm 0,22b$	$6,8 \pm 0,14a$	$5,7 \pm 0,25ab$
Красный, синий	$5,1 \pm 0,18$	$5,4 \pm 0,24ab$	$5,8 \pm 0,22b$	$5,3 \pm 0,24bc$
Красный, синий, оранжевый	$4,2 \pm 0,23$	$5,0 \pm 0,27ab$	$5,0 \pm 0,09c$	$4,8 \pm 0,06c$

Примечание. Одинаковое буквенное значение в столбцах означает недостоверность различий между средними значениями при $p < 0,05$ (критерий Дункана).

При дальнейшем культивировании длина рожка растений-регенерантов земляники садовой была значимо больше под спектральным составом света «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет» – $(6,8 \pm 0,14)$ мм на IV пассаже и «полный спектр» – $(6,1 \pm 0,37)$ мм на V пассаже, что достоверно отличается от других вариантов.

Применение разного спектрального состава света оказало влияние на закладку листьев растений-регенерантов земляники садовой. При использовании для освещения растений-регенерантов спектрального состава света «красный, синий» среднее количество листьев на II и III пассажах составило $(5,0 \pm 0,37)$ и $(5,8 \pm 0,52)$ шт. соответственно (табл. 2).

Таблица 2. Влияние спектрального состава света на среднее количество листьев растений-регенерантов земляники садовой, шт.

Вариант	II пассаж	III пассаж	IV пассаж	V пассаж
Белый свет (контроль)	$4,5 \pm 0,27ab$	$5,7 \pm 0,42a$	$4,6 \pm 0,22a$	$5,7 \pm 0,17a$
Полный спектр	$3,8 \pm 0,14b$	$4,2 \pm 0,26b$	$3,3 \pm 0,08d$	$4,0 \pm 0,09b$
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	$4,4 \pm 0,39ab$	$5,2 \pm 0,29ab$	$3,6 \pm 0,11cd$	$4,0 \pm 0,13b$
Красный, синий	$5,0 \pm 0,37a$	$5,8 \pm 0,52a$	$4,2 \pm 0,22ab$	$4,8 \pm 0,61b$
Красный, синий, оранжевый	$4,3 \pm 0,26ab$	$5,7 \pm 0,39a$	$4,0 \pm 0,09bc$	$4,5 \pm 0,10b$

Отмечалось увеличение количества листьев растений-регенерантов на III пассаже. Максимальное количество листьев на IV и V пассажах отмечалось при спектральном составе света «белый свет (контроль)» – $(4,6 \pm 0,22)$ и $(5,7 \pm 0,17)$ шт. соответственно.

Исследования показали, что, независимо от спектрального состава освещения, коэффициент размножения растений-регенерантов на II пассаже был практически одинаковым и варьировал от $1,42 \pm 0,04$ до $1,52 \pm 0,06$ (табл. 3).

Таблица 3. Влияние спектрального состава света на коэффициент размножения растений-регенерантов земляники садовой

Вариант	II пассаж	III пассаж	IV пассаж	V пассаж	Среднее по пассажирам
Белый свет (контроль)	$1,42 \pm 0,04$	$1,26 \pm 0,04b$	$2,53 \pm 0,19bc$	$2,27 \pm 0,20b$	$1,87 \pm 0,06bc$
Полный спектр	$1,45 \pm 0,08$	$1,72 \pm 0,07a$	$3,83 \pm 0,36a$	$3,18 \pm 0,29a$	$2,54 \pm 0,16a$
Красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет	$1,51 \pm 0,06$	$1,18 \pm 0,03b$	$2,14 \pm 0,12c$	$2,25 \pm 0,20b$	$1,77 \pm 0,07c$
Красный, синий	$1,45 \pm 1,10$	$1,24 \pm 0,07b$	$2,51 \pm 0,25bc$	$1,90 \pm 0,06b$	$1,77 \pm 0,06c$
Красный, синий, оранжевый	$1,52 \pm 0,06$	$1,28 \pm 0,05b$	$3,02 \pm 0,18b$	$2,42 \pm 0,14b$	$2,05 \pm 0,07b$

Дальнейшее культивирование земляники садовой позволило увеличить коэффициент размножения. Установлено достоверное влияние спектра освещения «полный спектр» на коэффициент размножения: максимальный показатель отмечался на всех пассажах культивирования (III пассаж – $1,72 \pm 0,07$, IV пассаж – $3,83 \pm 0,36$, V пассаж – $3,18 \pm 0,29$).

Среднее значение коэффициента размножения по пассажирам варьировало от $1,77 \pm 0,06$ до $2,54 \pm 0,16$. Самое высокое его значение отмечено под влиянием спектра освещения «полный спектр».

ВЫВОДЫ

Анализ проведенных исследований по изучению влияния спектрального состава света на этапе микроразмножения растений-регенерантов земляники садовой выявил, что показатель роста «длина рожка» увеличивался при воздействии спектральных составов света «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет» – $(6,8 \pm 0,14)$ мм на IV пассаже; «красный, синий, инфракрасный, ультрафиолет» – $(5,7 \pm 0,25)$ мм и «полный спектр» – $(6,1 \pm 0,37)$ мм на V пассаже.

Количество листьев растений-регенерантов земляники садовой увеличивалось при использовании спектрального состава света «белый свет (контроль)» – $(5,7 \pm 0,42)$ шт. на III пассаже, $(5,7 \pm 0,17)$ шт. на V пассаже; «красный, синий» – $(5,0 \pm 0,37)$ шт. на II и $(5,8 \pm 0,52)$ шт. III пассажах; «красный, синий, оранжевый» – $(5,7 \pm 0,39)$ шт. на III пассаже.

Для получения большего коэффициента размножения рекомендуется использование спектрального состава света «полный спектр» (среднее значение за четыре пассажа составило $2,54 \pm 0,16$).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Курьянова, И. В. Оценка влияния различных спектров светодиодного светильника на рост и развитие овощных культур / И. В. Курьянова, С. И. Олонина // Вестн. НГИЭИ. – 2017. – № 7 (74). – С. 35–44.
2. Фотосинтез и продуктивность растений базилика (*Ocimum basilicum* L.) при облучении различными источниками света / М. Н. Полякова [и др.] // С.-х. биология. – 2015. – Т. 50, № 1. – С. 124–130.
3. Шпак, М. Ю. Изучение влияния света искусственных диодов различного спектрального состава на ризогенез земляники садовой (*Fragaria × Ananassa* Duch.) в культуре *in vitro* / 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.
4. Оптимизация условий освещения при культивировании микроклонов *Solanum tuberosum* L. сорта Луговской *in vitro* / И. Ф. Головацкая [и др.] // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. – 2013. – № 4 (24). – С. 133–144.
5. Тихомиров, А. А. Спектральный состав света и продуктивность растений / А. А. Тихомиров, Г. М. Лисовский, Ф. Я. Сидько. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 168 с.
6. Бьядовский, И. А. Влияние спектрального состава света на укореняемость земляники садовой (*Fragaria ananassa* D.) в культуре *in vitro* / И. А. Бьядовский // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ / Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства ; редкол. : И. М. Куликов (гл. ред.) [и др.]. – М., 2018. – Т. 54. – С. 88–92.
7. Шпак, М. Ю. Особенности развития растений-регенерантов земляники садовой (*Fragaria × Ananassa* Duch.) в культуре *in vitro* при различном освещении / М. Ю. Шпак, Т. В. Никонович // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2015. – № 3. – С. 73–78.
8. 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., Уфа, 7 марта 2019 г. / редкол.: И. А. Соловьев [и др.]. – Уфа, 2019. – С. 101–107.
9. Особенности адаптации меристемных растений земляники садовой *Fragaria × ananassa* Duch. в условиях светодиодного освещения / Д. С. Мороз [и др.] // Вестн. БарГУ. Сер. биол. науки (общ. биология), с.-х. науки (агрономия). – 2019. – № 7. – С. 73–82.
10. 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 / Л. В. Баулина ; Рос. гос. аграр. ун-т. – М., 2012. – 26 с.
11. Маркова, М. Г. Влияние питательной среды и спектрального состава света на размножение земляники *in vitro* / М. Г. Маркова, Е. Н. Сомова // Аграр. наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – Т. 63, № 2. – С. 35–41.
12. Размножение плодовых и ягодных растений в культуре *in vitro* / Н. В. Кухарчик [и др.] ; под общ. ред. Н. В. Кухарчик. – Минск : Беларус. навука, 2016. – 208 с.
13. Влияние различных спектров освещения на рост земляники садовой (*Fragaria × Ananassa* Duch.) на этапе микроразмножения в культуре *in vitro* / Е. В. Поух [и др.] // Плодоводство Беларуси: от традиций к инновациям : материалы Междунар. науч. конф., Самохваловичи, 18–19 авг. 2022 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – С. 36–41.

THE INFLUENCE OF THE SPECTRAL COMPOSITION OF LIGHT ON THE GROWTH OF GARDEN STRAWBERRY REGENERATES IN CULTURE *IN VITRO*

E. V. POUKH, T. P. KOBRINETS, O. S. IVANOVA

Abstract

The research was carried out in 2021–2022 in the laboratory of the fruit-growing department of RUE ‘Brest regional agricultural experiment station of the National Academy of Science of Belarus’. The objects of research were the *in vitro* regenerated garden strawberry plants of Asia, Alba, Florence varieties.

Studies on the influence of the spectral composition of light on the growth of garden strawberry *in vitro* have shown that the length of the branch crowns of regenerated plants increased when using spectral compositions of light: ‘red, blue, infrared, ultraviolet’ – (6.8 ± 0.14) mm at passage IV; ‘red, blue, infrared, ultraviolet’ – (5.7 ± 0.25) mm and ‘full spectrum’ – (6.1 ± 0.37) mm at passage V. The average number of leaves of regenerated plants increased when using the spectral composition of light: ‘white light (control)’ – (5.7 ± 0.42) pcs. on passage III and (5.7 ± 0.17) pcs. on passage V; ‘red, blue’ – (5.0 ± 0.37) pcs. on passage II and (5.8 ± 0.52) pcs. passage III; ‘red, blue, orange’ – (5.7 ± 0.39) pcs. on passage III. To obtain a larger reproduction coefficient, it is recommended to use the spectral composition of the light of ‘full spectrum’ (the average value for four passages was 2.54 ± 0.16).

Keywords: spectral composition of light, garden strawberry, reproduction *in vitro*, Belarus.

Поступила в редакцию 05.02.2024

ПОЛИМОРФИЗМ МИКРОСАТЕЛЛИТНЫХ ЛОКУСОВ МАЛИНЫ РЕМОНТАНТНОЙ КАК ОСНОВА ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ПАСПОРТИЗАЦИИ СОРТОВ

Т. А. ГАШЕНКО, Л. В. ФРОЛОВА, О. А. ГАШЕНКО

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

АННОТАЦИЯ

Микросателлитные ДНК-маркеры в настоящее время эффективно используются при изучении генетического разнообразия ягодных культур и ДНК-паспортизации сортов.

С использованием данных SSR-анализа составлены молекулярно-генетические паспорта 48 образцов малины ремонтантной (44 сорта, 4 гибрида), среди которых 7 – белорусской селекции, 21 – российской, 5 – украинской, 5 – польской, 4 – нидерландской, 3 – швейцарской, 1 – румынской, 1 – английской и 1 – американской селекции. Среди оцененных генотипов 5 образцов отличаются желтой окраской ягод. Для создания паспортов были использованы 8 микросателлитных SSR-маркеров. В результате показан высокий уровень полиморфизма данных микросателлитных локусов и выявлено 113 аллелей. В зависимости от локуса число аллелей варьировало от 6 до 26. Наиболее полиморфным оказался локус RhM043, а наименее полиморфным – локус RhM001.

По результатам исследований в статье представлен каталог 13 генетических паспортов сортов малины ремонтантной, включенных в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений и находящихся на испытании в Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений в Республике Беларусь.

Ключевые слова: малина ремонтантная, сорт, гибрид, SSR-маркеры, локус, ДНК-паспорт, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Малина ценится за превосходный вкус и лечебно-диетические качества ее ягод. Выявлены высокая антиокислительная способность и антиканцерогенные свойства плодов малины. Производство малины во всем мире стремительно развивается, ежегодно увеличиваются земельные площади насаждений.

В Республике Беларусь под малиной во всех категориях хозяйств занято около 10 % плодовых и ягодных насаждений, в приоритете находятся сорта малины ремонтантной. В рамках Государственной комплексной программы развития картофелеводства, овощеводства и плодородства в 2011–2015 гг. посадки малины увеличились на 196,5 га [1]. В настоящее время малина является четвертой ягодной культурой по распространению после смородины черной, земляники садовой и голубики [2]. В 2016–2023 гг. осуществлено внедрение законченных научных разработок, а также научно-производственное испытание отечественных сортов малины разного срока созревания Улада и Вераснёвая, технологического регламента производства десертных ягод малины ремонтантной в условиях открытого грунта в субъектах хозяйствования различных форм собственности. В 2024 г. в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений Республики Беларусь включены два белорусских сорта малины ремонтантной – Гранта и Злата [3].

В современных селекционных программах, направленных на создание новых сортов малины, все шире используются достижения молекулярной генетики, биотехнологии и геномики. Классическая селекция ягодных культур представляет длительный и затратный процесс, например, длительность выведения нового сорта малины достигает 12–15 лет. Для ускорения данного процесса следует решить вопрос идентификации имеющегося исходного материала.

Для установления идентичности сортов малины используются количественные и качественные признаки, которые определяются визуально и имеют зависимость от внешних факторов и сезона года. В связи с этим наиболее эффективной является генетическая идентификация сорта, представляющая собой метод получения генетически детерминированных характеристик

с помощью молекулярных маркеров. Для выявления полиморфизма микросателлитных локусов наиболее часто используют SSR-маркеры, в результате чего облегчается подбор родительских пар для скрещиваний, поиск родительского материала в гибридных формах. Маркирование сортового материала позволит оценить значительное разнообразие дикорастущих и культурных форм растений и на их основании создать коллекцию геноплазмы для использования в селекции. Применение молекулярных подходов в изучении филогении уточнит спорные вопросы систематики. Установление родственных связей прояснит происхождение многих сортов с неизвестными родословными. Молекулярная идентификация и паспортизация сортов и ценных форм малины расширяет возможности защиты авторских прав селекционеров.

В течение последних 25 лет многочисленные группы исследователей создавали наборы молекулярно-генетических маркеров для идентификации разных видов и сортов малины. Так, N. Castillo с коллегами (США) проанализировали 48 сортов малины с помощью 13 пар SSR-праймеров, одна из которых была разработана на основе последовательности из GenBank Национального центра биотехнологической информации США, а остальные – на базе геномных библиотек сорта малины Meeker [4]. Анализ разнообразия дикорастущих в Шотландии популяций *R. idaeus* L., проведенный J. Graham и N. Jennings (Великобритания), выявил высокий уровень генетического разнообразия: 10 пар SSR-праймеров генерировали 80 аллелей у изученных образцов 12 популяций [5]. Анализ образцов дикорастущей малины (*R. idaeus*) из 19 пунктов Черноморского побережья, проведенный S. Ercisli с коллегами (Турция) при помощи 15 праймеров, показал перспективность всех апробированных в этой работе маркеров [6]. Работа В. В. Соболева и коллег (Россия) была направлена на генотипирование российских сортов и пяти видов малины [7].

В Беларуси впервые работу по генотипированию рода *Rubus* начали Д. И. Каган совместно с российскими коллегами в ГНУ «Институт леса НАН Беларуси». На основании использования 21 локуса проведено генотипирование 19 сортов малины, ежевики и гибридов методом RAPD-анализа, изучены их филогенетические взаимоотношения. Установлено, что уровень генетической дифференциации и результаты кластеризации изученных сортов связаны с их сортовыми характеристиками и происхождением [8].

В РУП «Институт плодоводства» в 2019 г. начата работа по созданию базы молекулярно-генетических паспортов коллекционных образцов малины разного срока созревания с использованием SSR-анализа, что необходимо для предотвращения дублирования, а также установления внутривидовых связей и видового родства генотипов. По результатам исследований построена дендрограмма, показывающая генетическое родство между генотипами малины обыкновенной (*Rubus idaeus* L.) различного географического происхождения, а также составлены молекулярно-генетические паспорта 47 образцов, включая районированный в Беларуси сортимент малины летнего срока созревания [9, 10].

Цель исследования – ДНК-маркирование генотипов малины ремонтантной различного географического происхождения для оценки их полиморфизма и создания молекулярно-генетических паспортов.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являлись 48 образцов (44 сорта, 4 гибрида) малины ремонтантной различного географического происхождения:

7 – белорусской селекции (сорта Вераснёвая, Гранта, Злата, гибриды 01-11-11, 02-02-11, 6-20, 09-01-14);

21 – российской селекции (Абрикосовая, Августина, Атлант, Бабье лето, Бриллиантовая, Брянское диво, Геракл, Золотая осень, Евразия, Колдунья, Нижегородец, Оранжевое чудо, Пингвин, Подарок Кашину, Поклон Казакову, Рубиновое ожерелье, Самородок, Снежить, Элегантная, гибрид 106-10, форма Гном);

5 – украинской селекции (Брусвяна, Брусиловская, Брусиловский стандарт, Космічна, Примара);

5 – польской селекции (Pokusa (Покуса), Polana (Полана), Polesie (Полесье), Polka (Полька), Poranna Rosa (Поранна Роса));

4 – нидерландской селекции (Imara (Имара, или Адвабемап), Kwanza (Кванза), Kwelli (Квелли), Марета (Мапема));

3 – швейцарской селекции (Sugana (Зюгана), Zeva Herbsternte (Зева Хербстернт), Himbo-Top (Химбо-Топ, или Рафзакю));

1 – румынской селекции (Opal (Опал));

1 – английской селекции (Joan J (Джоан Джей));

1 – американской селекции (Heritage (Херитидж)).

Среди объектов исследования 5 образцов малины отличаются плодами желтого цвета – гибрид 02-02-11 (Беларусь), сорта – Абрикосовая, Золотая осень, Оранжевое чудо (Россия), Poranna Rosa (Польша).

Для анализа генетического разнообразия сортов малины был использован набор из 8 микросателлитных маркеров: № 108, RhM001, RhM003, RiM017, RhM011, RhM043, № 262, RhM021 [4, 11]. Маркеры были сгруппированы в наборы по 2–3 пары с учетом имеющихся сведений об их размерах. Названия маркеров приведены в табл. 1.

Таблица 1. SSR-праймеры, использованные для ДНК-идентификации сортов малины ремонтантной (2019–2023 гг.)

Название праймера	Последовательность праймеров	Размер аллелей в п. н.
№ 108	F CCCTACACATCGATCGCTTAC	149–174
	R AACACTCCAAATGCCCAATC	
RhM001	F GGTTCCGATAGTTAATCCTCCC	233–245
	R CCAACTGTTGTAAATGCAGGAA	
RhM003	F CCATCTCCAATTCAGTTCTTCC	191–216
	R AGCAGAATCGGTTCTTACAAGC	
RiM017	F GAAACAGGTGGAAAGAAACCTG	185–205
	R CATTGTGCTTATGATGGTTTCG	
RhM011	F AAAGACAAGGCGTCCACAAC	270–319
	R GGTTATGCTTTGATTAGGCTGG	
RhM043	F GGACACGGTTCTAACTATGGCT	344–380
	R ATTGTCGCTCCAACGAAGATT	
№ 262	F TGCATGAAGGCGATATAAAGG	203–229
	R TCCGCAAGGGTTGTATCCTA	
RhM021	F CAGTCCCTTATAGGATCCAACG	278–294
	R GAACTCCACCATCTCCTCGTAG	

Молекулярно-генетические паспорта сортов малины ремонтантной составляли с выполнением предварительной оптимизации ряда параметров. ДНК выделяли из молодых листьев малины ремонтантной с помощью набора Genomic DNA Purification Kit (Thermo Fisher Scientific) согласно рекомендованному протоколу. ПЦР проводили на амплификаторе C1000 Touch Thermal Cycler (BioRad, США).

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 ddH₂O. Амплификацию с праймерами проводили при следующих температурных условиях: 3 мин – 95 °С; 35 циклов: 20 с – 95 °С, 20 с – 55 °С, 20 с – 72 °С; 8 мин – 72 °С. Для подтверждения наличия продуктов амплификации предварительно визуализировали в 1,5%-ном агарозном геле в 0,5× TBE-буфере. Далее продукты ПЦР визуализировали в ультрафиолетовом свете.

Фрагментный анализ осуществляли на генетическом анализаторе GenomeLab GeXP Beckman Coulter. В качестве стандарта при обработке экспериментальных параметров ПЦР использовали GenomeLab DNA Size Standard Kit – 600 (Beckman Coulter).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Методом SSR-анализа определено разнообразие аллелей в 8 локусах у 48 образцов малины ремонтантной. Как видно из табл. 2, все рассматриваемые локусы оказались полиморфны. При этом количество аллелей, идентифицированных у образцов малины в каждом локусе, различается (табл. 2).

Таблица 2. Количество и длина SSR-аллелей в геноме малины ремонтантной (2019–2023 гг.)

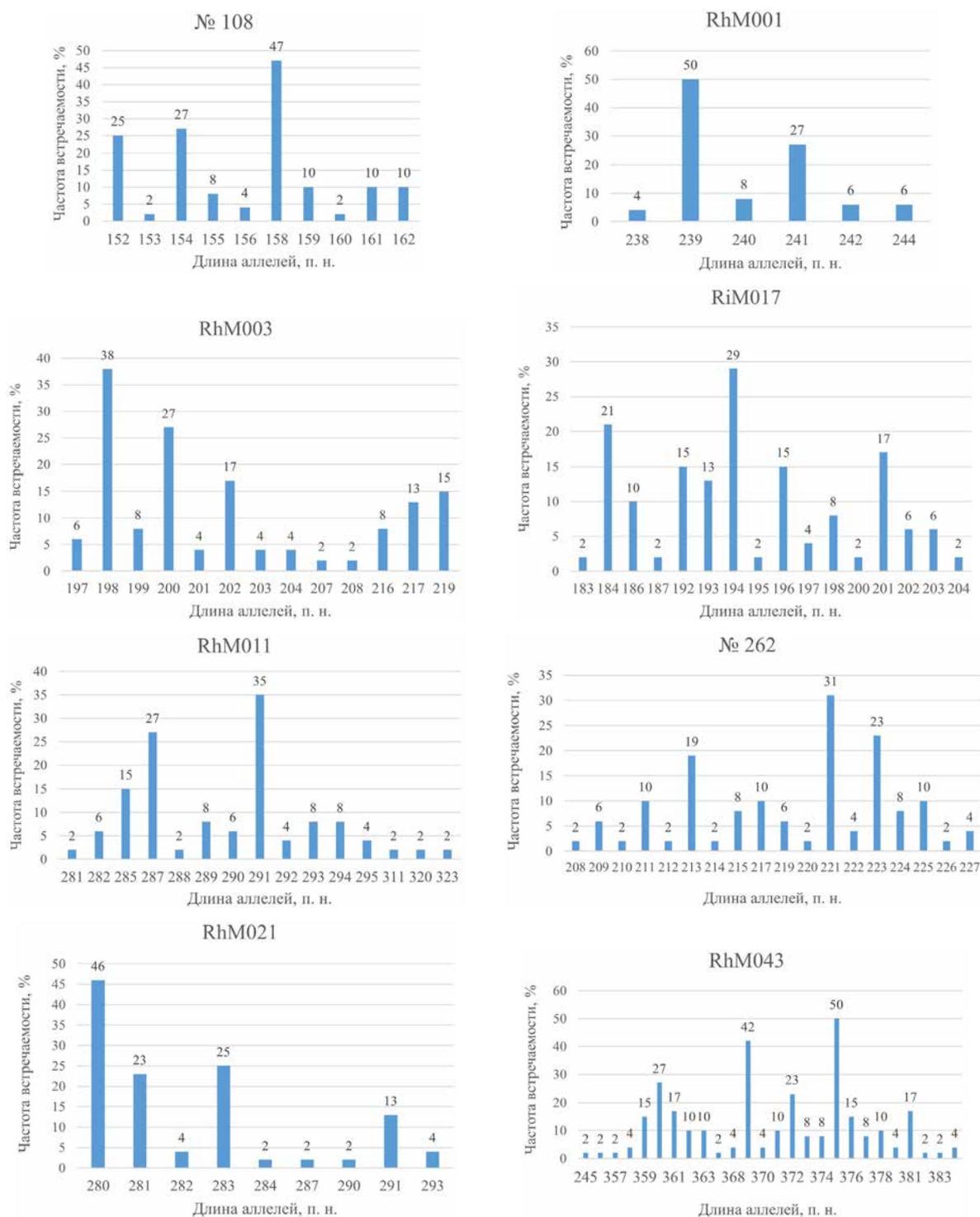
Праймер	Количество аллелей	Детектируемые SSR-аллели в геноме малины
№ 108	10	152, 153, 154, 155, 156, 158, 159, 160, 161, 162
RhM001	6	238, 239, 240, 241, 242, 244
RhM003	13	197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 207, 208, 216, 217, 219
RiM017	16	183, 184, 186, 187, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 200, 201, 202, 203, 204
RhM011	15	281, 282, 285, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 311, 320, 323
RhM043	26	245, 274, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 365, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 381, 382, 383, 384
№ 262	18	208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 217, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227
RhM021	9	280, 281, 282, 283, 284, 287, 290, 291, 293

Для каждого используемого маркера определялась длина аллелей и количество полиморфных фрагментов для каждого сорта. Наименее полиморфным оказался локус RhM001 – количество обнаруженных аллелей составило 6. С помощью маркеров RhM021 и № 108 количество обнаруженных аллелей составило 9 и 10 соответственно. В локусах RiM017, RhM011, RhM003 и № 262 выявили 16, 15, 13 и 18 аллелей соответственно. Максимальное количество аллелей – 26 – было установлено в локусе RhM043.

Количество выявляемых аллелей в локусе зависит от состава выборки исследуемых образцов и значительно увеличивается при большем разнообразии генотипов. В общей сложности среди 48 образцов малины ремонтантной анализ локусов микросателлитных последовательностей с помощью выбранных маркеров позволил выявить 113 аллелей.

Для каждого локуса определялись длина аллелей у конкретного сорта и количество полиморфных фрагментов. Частота встречаемости аллелей среди исследованных образцов представлена на рисунке.

Частота встречаемости аллелей в изучаемых локусах среди исследованных генотипов была различна. Так, в локусе № 108 с наибольшей частотой (47 %) встречалась аллель 158 п. н. Частота встречаемости других аллелей составила от 2 до 27 %. В локусе RhM001 с частотой 50 % встречалась аллель 239 п. н., аллель 241 п. н. – 27 %. Частота встречаемости аллели 238 п. н. составила 4 %, 240 – 8 %, 242 и 244 п. н. – 6 %. В локусе RhM003 с наибольшей частотой встречалась аллель 198 (38 %) и аллель 200 п. н. (27 %), частота встречаемости аллелей 202 п. н., 217 и 219 п. н. составила 17, 13 и 15 % соответственно. Остальные аллели (197 п. н., 199, 201, 203, 204, 207, 208, 216 п. н.) были представлены с частотой от 2 до 8 %. В локусе RiM017 с наибольшей вероятностью встречались аллели 194 (29 %) и 184 п. н. (21 %). Аллели 186 п. н., 192, 193, 196, 197, 198, 201, 202, 203 п. н. встречались с частотой от 4 до 17 %. Остальные аллели (183 п. н., 187, 195, 200, 204 п. н.) были представлены с частотой в 2 %. В локусе RhM011 с наибольшей частотой встречались аллели 291 и 287 п. н. (35 и 27 %) соответственно, с частотой 15 % встречалась аллель 285 п. н. Частота встречаемости аллелей 289 п. н., 293, 294 п. н. составила 8 %, 282 и 290 п. н. – 6 %, 292 и 295 п. н. – 4 %. Частота встречаемости остальных аллелей составила 2 %. В локусе RhM043 с высокой частотой встречались аллели 375 п. н. – 50 %, 369 – 42 %, 360 – 27 %, 372 п. н. – 23 %. Аллели 359 п. н., 361, 362, 363, 371, 376, 378, 381 п. н. встречались с частотой от 10 до 17 %. Остальные аллели встречались с частотой от 2 до 8 %. В локусе № 262 с частотой 31 % встречалась аллель 221 п. н., частота встречаемости аллелей 213 и 223 п. н. составила 19 и 23 % соответственно. Остальные аллели (208 п. н., 209, 210, 211, 212, 214, 215, 217, 219, 220, 222, 224, 225, 226, 227 п. н.) были представлены с частотой от 2 до 10 %. В локусе RhM021 с почти одинаковой частотой наблюдались аллели 281 и 283 п. н. (23 и 25 % соответственно). С наибольшей частотой встречалась аллель 280 (46 %) и аллель 291 п. н. (13 %). Редкие аллели (282 п. н., 284, 287, 290, 293 п. н.) отмечались с частотой от 2 до 4 %.



Аллели локусов № 108, RhM001, RhM003, RiM017, RhM011, RhM043, № 262, RhM021 и их частота встречаемости среди 48 генотипов малины ремонтантной

Состав аллелей в анализируемых локусах позволяет получить уникальную формулу сорта и создать его паспорт. В табл. 3 приведены значения размеров амплифицированных фрагментов (в парах нуклеотидов) по каждому из SSR-маркеров сортов малины ремонтантной, включенных в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений и находящихся на испытании в Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений в Республике Беларусь.

Таблица 3. Аллельный состав сортов малины ремонтантной, включенных в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений и находящихся на испытании в Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений (2024 г.)

Образец	Длина аллелей в SSR-локусах, п. н.							
	№ 108	RhM001	RhM003	RiM017	RhM011	RhM043	№ 262	RhM021
Адвабемап	152:158	239	198:217	193	291	372:375	209:213	280
Бабье лето	152:158	239	200:217	184:194	287	369:375	221	281
Брянское диво	159	239	198	184:201	291	359:361:369:375	221	280
Вераснёвая	153:159	240	199:217	184:193	289:294	361:373:376	211:221	281
Геракл	152:158	239	198	194:201	291:320	360:375	223	281
Гранта	162	244	202	196:201	294	363:376:384	215:226	283
Джоан Джей	162	242:244	202	198:202	295:323	376:379:383	227	283
Зева Хербстернт	154	241	202:208	196	287:295	245:274	213:219	283:293
Злата	158	242	204	197	288	376:378	208:217:220	283
Кванза	154	241	219	195	293	362:371:377	212:219	283:293
Рафзакю	156:162	242	202	196	285:294	375:378	224	284
Рубиновое ожерелье	154:158	239	198	194:198	285	359:361:369:375	223	280:290
Херитидж	158	241	198	193	291	360:372:381	211	281

Как видно из табл. 3, исследуемые образцы имеют уникальный состав аллелей в рассмотренных локусах. Полученные молекулярно-генетические паспорта дополняют базу данных генотипов исследованных сортов малины. Генотип каждого сорта можно будет сравнить с представленным сортиментом во избежание дублирования схожих по морфологическим признакам образцов.

Таким образом, сформированный набор SSR-маркеров позволил провести идентификацию генотипов и составить молекулярно-генетические профили для 48 образцов малины ремонтантной. Полученные данные согласуются с работами зарубежных коллег, которые использовали наборы из микросателлитных маркеров аналогично N. Castillo (США) и J. Graham (Великобритания). Однако выявленное в нашем исследовании количество аллелей отличается от их числа, полученного в предыдущих исследованиях, так как использованы выборки, различающиеся по объему и составу генотипов. При необходимости предложенный набор маркеров может быть дополнен.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод SSR-анализа с использованием указанного набора маркеров может успешно применяться для идентификации малины на молекулярном уровне.

Для создания паспортов были использованы 8 микросателлитных SSR-маркеров. При выборе данного набора учитывали уровень информативности каждого маркера, частоту встречаемости аллелей среди сортов, а также удобство визуализации и анализа продуктов амплификации.

В результате показан высокий уровень полиморфизма данных локусов у 48 образцов малины ремонтантной различного географического происхождения и выявлено 113 аллелей. В зависимости от локуса число аллелей варьировало от 6 до 26. Наиболее полиморфным оказался локус RhM043, а наименее полиморфным – локус RhM001.

С использованием данных SSR-анализа составлены генетические паспорта 48 образцов малины ремонтантной (44 сорта, 4 гибрида), среди которых 7 – белорусской селекции, 21 – российской, 5 – украинской, 5 – польской, 4 – нидерландской, 3 – швейцарской, 1 – румынской, 1 – английской, 1 – американской селекции. Среди оцененных генотипов 5 образцов отличаются желтой окраской ягод.

По результатам исследований представлен каталог 13 генетических паспортов сортов малины ремонтантной, включенных в государственный реестр сортов сельскохозяйственных растений и находящихся на испытании в Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений в Республике Беларусь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О Государственной комплексной программе развития картофелеводства, овощеводства и плодоводства в 2011–2015 годах [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 31 дек. 2010 г., № 1926 / Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=C21001926>. – Дата доступа: 01.02.2024.
2. Фролова, Л. В. Современные направления селекции малины / Л. В. Фролова, Т. А. Гашенко, О. А. Гашенко // Плодоводство : сб. науч. тр. / Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2021. – Т. 33. – С. 211–226.
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 / РУП «Ин-т плодоводства» ; отв. за вып. В. В. Васеха. – Самохваловичи : [б. и.], 2024. – 32 с.
4. Microsatellite markers for raspberry and blackberry / N. R. F. Castillo [et al.] // J. of the Amer. Soc. for Horticultural Sci. – 2010. – Vol. 135. – P. 271–278.
5. Graham, J. Raspberry breeding / J. Graham, N. Jennings // Breeding plantation tree crops: temperate species / ed.: P. M. Priyadarshan, S. Mohan Jain. – New York, 2009. – P. 233–248.
6. AFLP-based genetic relationships in wild and cultivated raspberry genotypes (*Rubus idaeus* L.) / S. Ercisli [et al.] // Biotechnology & Biotechnological Equipment. – 2008. – Vol. 22, № 4. – P. 907–910.
7. Соболев, В. В. Использование метода полимеразной цепной реакции для генетического маркирования ремонтантной малины : автореф. ... дис. канд. биол. наук : 03.00.23 / В. В. Соболев ; М. с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева. – М., 2004. – 17 с.
8. Паспортизация сортов малины и ежевики и изучение их филогенетических взаимоотношений методом RAPD-анализа / Д. И. Каган [и др.] // Биотехнологические приемы в сохранении биоразнообразия и селекции растений : материалы Междунар. науч. конф., Минск, 18–20 авг. 2014 г. / Центр. ботан. сад Нац. акад. наук Беларуси ; редкол.: В. Н. Решетников (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2014. – С. 101–104.
9. Гашенко, Т. А. Изучение генетического разнообразия образцов малины с использованием SSR-маркеров / Т. А. Гашенко, Л. В. Фролова, Т. Н. Божидай // Плодоводство : сб. науч. тр. / Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2023. – Т. 35. – С. 54–61.
10. Гашенко, Т. А. Молекулярно-генетическая паспортизация районированного сортимента малины в Беларуси / Т. А. Гашенко, Л. В. Фролова, З. А. Козловская // Современные технологии сельскохозяйственного производства : сб. науч. ст. XXIV Междунар. науч.-практ. конф. (Гродно, 23 марта, 14 мая 2021 г.) : к 70-летию образования университета. Агронимия. Защита растений. Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Гродн. гос. аграр. ун-т. – Гродно, 2021. – С. 65–66.
11. Graham, J. DNA markers for use in raspberry breeding / J. Graham, K. Smith // Acta Horticulturae. – 2002. – Vol. 585. – P. 51–56.

POLYMORPHISM OF MICROSATELLITE LOCI OF PRIMOCANE RASPBERRY AS A BASIS FOR GENETIC CERTIFICATION OF VARIETIES

T. A. GASHENKO, L. V. FRALOVA, V. A. GASHENKO

Abstract

Microsatellite DNA markers are currently effectively used in studying the genetic diversity of berry crops and DNA certification of varieties.

Using the data of SSR analysis, molecular genetic passports were compiled for 48 samples of primocane raspberry (44 varieties, 4 hybrids), 7 of which are of Belarusian selection, 21 – Russian, 5 – Ukrainian, 5 – Polish, 4 – Dutch, 3 – Swiss, 1 – Romanian, 1 – English and 1 – American. Among the genotypes assessed, 5 samples are distinguished by the yellow color of the berries. 8 microsatellite SSR markers were used to create the passports. As a result, a high level of polymorphism of these microsatellite loci was shown and 113 alleles were identified. Depending on the locus, the number of alleles varied from 6 to 26. The RhM043 locus turned out to be the most polymorphic, and the RhM001 locus turned out to be the least polymorphic.

According to the results of research, the article presents a catalog of 13 genetic passports of primocane raspberry varieties included in the State Register of Agricultural Plant Varieties and being tested by the State Inspection for Testing and Protection of Plant Varieties of the Republic of Belarus.

Keywords: primocane raspberry, variety, hybrid, SSR markers, locus, DNA passport, Belarus.

Поступила в редакцию 14.03.2024

**ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА
НА РИТМЫ СЕЗОННОГО РАЗВИТИЯ СОРТОВ
ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ
ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В БЕЛАРУСИ**

Н. Б. ПАВЛОВСКИЙ, Ж. А. РУПАСОВА, О. В. ДРОЗД, Д. О. СУЛИМ, 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 в южной агроклиматической области Беларуси в контрастные по гидротермическому режиму вегетационные сезоны 2021–2023 гг. фенологии сезонного развития 6 новых интродуцируемых сортов голубики высокорослой разных сроков созревания урожая: раннеспелых – Шантиклир (Chanticleer), Ханна Чойс (Hannah's Choice), среднеспелых – Блюголд (Bluegold), Харрисон (Harrison) и позднеспелых – Аврора (Aurora), Рубел (Rubel), а также соответствующих данным группам спелости районированных сортов Веймут (Weymouth), Блюкроп (Bluescop) и Эллиот (Elliott), установлено существенное влияние погодных условий на сроки наступления основных фенологических фаз. Наиболее значительные межсезонные различия в сроках прохождения фенологических фаз у ранне- и среднеспелых сортов составляли соответственно 9 и 11 дней, тогда как у позднеспелых достигали 17 дней. Однако все тестируемые таксоны голубики, как и районированные сорта, по мере набора необходимого количества тепла, нарастающего от ранне- к позднеспелым сортам, успевали пройти полный цикл своего развития и сформировать урожай ягодной продукции при отчетливых сортовых различиях фенологических ритмов, наиболее выразительно проявившихся во время цветения и особенно в период плодоношения. Наиболее раннее созревание плодов у новых сортов голубики, опережавшее таковое у соответствующих стандартных сортов на 7–28 дней, выявлено у сортов Шантиклир и Рубел, тогда как наиболее позднее, с отставанием на 3–5 дней, – у сорта Харрисон.

Ключевые слова: голубика высокорослая, сорт, феноритмика, фазы сезонного развития, бутонизация, цветение, плодоношение, сумма положительных температур, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим аспектом интродукционных исследований является изучение ритмов сезонного развития привлеченных растений, поскольку только на этой основе можно составить представление о соответствии климатических условий района выращивания физиологическим потребностям конкретного объекта, успешность интродукции которого определяется его способностью к прохождению всех стадий сезонного цикла развития [1, 2].

В последние годы коллекционный фонд Центрального ботанического сада НАН Беларуси пополнился новыми, впервые интродуцируемыми в условиях южной агроклиматической области Беларуси, сортами голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) разных сроков созревания плодов: раннеспелыми – Шантиклир (Chanticleer), Ханна Чойс (Hannah's Choice), среднеспелыми – Блюголд (Bluegold), Харрисон (Harrison) и позднеспелыми – Аврора (Aurora), Рубел (Rubel), с которыми проводятся комплексные сравнительные исследования ростовых, биопродукционных и биохимических характеристик, для комплексной оценки которых в качестве эталонов сравнения привлечены соответствующие районированные сорта Веймут (Weymouth), Блюкроп (Bluescop) и Эллиот (Elliott). Результаты этих исследований позволят выявить таксоны голубики, наиболее перспективные по обозначенным признакам для районирования в Беларуси и использования в селекционном процессе.

Целью работы явилось исследование сортовых особенностей фенологического развития обозначенных таксонов голубики высокорослой на фоне контрастных по гидротермическому режиму вегетационных сезонов 2021–2023 гг.

МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в коллекционных насаждениях отраслевой лаборатории интродукции и технологии нетрадиционных ягодных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси (г. Ганцевичи, Брестская обл.), расположенной в южной агроклиматической области Беларуси в районе распространения легких песчаных дерново-подзолистых почв и осушенных верховых торфяников.

В период исследований наблюдались существенные межсезонные различия погодных условий. Как следует из табл. 1, в первый год наблюдений среднемесячная температура воздуха в апреле и мае на 12 и 8 % соответственно уступала средним многолетним значениям за период 1981–2010 гг., тогда как в июне и июле, во время активного формирования плодов голубики, установилась сухая и жаркая погода с превышением на 21 и 22 % соответственно средней многолетней нормы, а в августе и сентябре средние температурные показатели практически соответствовали норме. При этом в мае, во время цветения голубики, на фоне заметного похолодания, количество выпавших осадков более чем вдвое превысило среднюю многолетнюю норму, что, по нашим предположениям, могло негативно сказаться на прохождении данных фенологических фаз в сезонном цикле развития растений и даже отразиться на качестве плодов. Вместе с тем повышенный температурный фон июня и июля, несмотря на заметный дефицит влаги, наиболее острый в первом летнем месяце, на наш взгляд, мог оказать определенное позитивное влияние на созревание плодов раннеспелых сортов голубики, а избыточное выпадение атмосферных осадков в августе и сентябре должно было способствовать успешной закладке цветковых почек, являющейся необходимой предпосылкой для получения высокого урожая плодов в следующем сезоне. Это дает основание охарактеризовать погодные условия данного сезона как относительно благоприятные для развития и плодоношения интродуцируемых сортов голубики.

В отличие от 2021 г., на протяжении большей части вегетационного сезона 2022 г. температурный фон в районе исследований был заметно ниже при чрезмерном избытке атмосферных осадков в апреле, в 2,2 раза превосходившем многолетнюю норму и сменившем его дефиците влаги в мае и июне (табл. 1). Лишь в июле ее количество приблизилось к средним многолетним значениям. При этом температурные показатели в августе были выше обычных при остром дефиците влаги, тогда как сентябрь характеризовался пониженным температурным фоном при избыточном выпадении атмосферных осадков. Таким образом, вегетационный период 2022 г. характеризовался более низким, причем весьма неравномерным температурным фоном по сравнению с предыдущим сезоном, особенно во время формирования плодов опытных растений, что привело к значительному запаздыванию сроков их созревания. На наш взгляд, гидротермический режим второго сезона не в полной мере соответствовал физиологическим требованиям растений голубики, а потому не мог считаться особо благоприятным для их развития.

Однако самым нетипичным по характеру погодных условий для района исследований в трехлетнем цикле наблюдений следовало признать вегетационный период 2023 г. Заметим, что его весенние месяцы оказались несколько теплее, чем в предыдущие сезоны, при чрезвычайно остром дефиците влаги в мае в период цветения растений голубики и при значительных перепадах температуры воздуха, поскольку даже в июне отмечено снижение ее минимальных значений до отрицательных, тогда как вторая половина сезона характеризовалась жаркой погодой с обилием атмосферных осадков. Все это способствовало, как ни странно, ускорению прохождения растениями основных фаз сезонного развития.

Наблюдения за ритмами сезонного развития растений проводились согласно методике И. Д. Юркевича с соавторами [3]. При этом отмечали календарные даты и соответствующие им суммы положительных температур воздуха со среднесуточной температурой выше 0 °С при наступлении следующих фенофаз: набухание и распускание вегетативных и генеративных почек, начало роста, появление листьев, бутонизация, начало и конец цветения, начало и конец созревания плодов, изменение окраски листьев, начало листопада. Периодичность обследования зависела от сезона года: весной и летом до начала созревания урожая – три раза в неделю, летом во время созревания урожая – ежедневно, осенью – раз в неделю [4].

Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена с применением пакета анализа данных программы Microsoft Excel.

Таблица 1. Среднемесячные характеристики гидротермического режима вегетационных периодов в Ганцевичском районе в 2021–2023 гг. (по данным Белгидромета)

Месяц	Температура воздуха, °С					Осадки, мм		
	средняя	норма	% от нормы	максимальная	минимальная	сумма	норма	% от нормы
2021 г.								
Март	1,5	0,7	214	18,2	–11,3	22	39	56
Апрель	6,6	7,5	88	21,3	–4,0	34	38	89
Май	12,4	13,5	92	23,8	1,5	136	63	216
Июнь	19,9	16,4	121	35,5	1,8	44	89	49
Июль	22,6	18,5	122	35,1	10,1	76	91	84
Август	17,2	17,4	99	29,3	5,9	160	62	258
Сентябрь	11,1	12,2	91	26,6	1,5	84	55	153
Октябрь	7,6	7,1	107	17,6	–5,4	8,5	47	18
2022 г.								
Март	1,5	0,9	167	17,6	–10,5	1	37	3
Апрель	5,6	7,7	73	18,7	–5,1	92	41	224
Май	12,0	13,6	88	29,3	–3,1	40	66	61
Июнь	19,1	16,5	116	32,4	5,4	48	78	62
Июль	18,5	18,5	100	30,9	7,4	86	95	91
Август	20,7	17,4	119	33,0	7,7	19	59	32
Сентябрь	10,5	12,2	86	21,2	0,4	76	50	152
Октябрь	9,5	7,1	134	19,7	–1,6	16	47	34
2023 г.								
Март	3,3	0,9	367	18,7	–6,5	84	37	227
Апрель	8,6	7,7	112	20,6	–3,0	42	41	102
Май	12,8	13,6	94	26,7	–3,3	5	66	8
Июнь	17,3	16,5	105	28,5	–0,3	119	78	152
Июль	19,0	18,5	103	31,0	5,6	123	95	129
Август	20,4	17,4	117	32,0	8,1	87	59	147
Сентябрь	15,8	12,2	130	26,9	4,3	23	50	46
Октябрь	9,0	7,1	127	23,7	–0,5	52	47	111

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вегетация голубики высокорослой обычно начинается с набухания генеративных почек, которые при этом увеличиваются в объеме, а покрывающие их чешуйки раздвигаются и на них появляются светло-зеленые полоски [3]. В условиях сезона 2021 г. у абсолютного большинства таксонов голубики отмечено одновременное набухание цветковых почек (30.03) при сумме положительных температур 63 °С, и лишь у сорта Харрисон оно произошло на 5 дней раньше, а у сорта Рубел – на 3 дня позже (табл. 2, 3). При этом их распускание у ранне- и среднеспелых сортов, пришедшееся на 22–24 апреля, было практически одновременным при сумме положительных температур 234–241 °С, тогда как у позднеспелых сортов оно наступило на 5–7 дней позже, когда сумма плюсовых температур достигла 253–284 °С. Тем не менее начало роста побегов ветвления, диагностировавшееся по появлению на месте вегетативной почки хорошо оформленного зеленого конуса из листьев длиной более 5 мм и наблюдавшееся с 5 по 8 мая при сумме положительных температур 324–348 °С, было практически одновременным у всех сортов голубики, тогда как появление листьев у ранних сортов опережало таковое у среднеспелых на 2–3 дня, а у позднеспелых – на 5–10 дней на фоне заметных генотипических различий в сроках наступления данной фенофазы у исследуемых таксонов в пределах каждой сортовой группы. При этом наименее выразительными они были у раннеспелых сортов, тогда как у средне- и позднеспелых сортов временные различия в появлении листьев достигали 5–6 дней.

На начальных этапах бутонизации и цветения растений голубики, пришедшихся в данном сезоне соответственно на 10–15 и 17–24 мая при суммарных значениях положительных температур 370–438 °С и 469–562 °С соответственно, максимальных у позднеспелых сортов, во всех сор-

товых группах показано существенное сокращение временных различий в наступлении данных фенологических фаз до 2–3 дней при заметном нивелировании расхождений по данному признаку также в основном у ранне- и позднеспелых сортов. Наряду с этим не выявлено существенных временных различий между сортовыми рядами (в основном в пределах 3–5 дней) также в сроках окончания цветения, отмеченного у раннеспелых сортов с 3 по 8 июня при сумме положительных температур 699–793 °С, а у средне- и позднеспелых сортов – с 7 по 14 июня при сумме плюсовых температур 773–896 °С. При этом различия в сроках окончания цветения в пределах сортовых групп варьировались в интервале 2–7 дней (табл. 1, 2). Известно, что цветки голубики, собранные в соцветие – поникающую кисть, раскрываются неодновременно, в акропетальной последовательности, от основания соцветия к его верхушке [5–7]. Поэтому в одном соцветии цветки находятся на разных стадиях развития (от бутонов до отцветания), что повышает вероятность их перекрестного опыления. После опыления цветка венчик усыхает и отпадает. Неоплодотворенные завязи в течение 3–4 недель после цветения краснеют, морщатся и осыпаются.

В зависимости от сорта голубики спустя 22–55 дней после окончания цветения происходит формирование и созревание плодов.

В условиях сезона 2021 г. наиболее выразительный характер генотипических различий в фенологии сезонного развития представителей разных сортовых групп голубики выявлен в период плодоношения, наступивший у ранне- и среднеспелых сортов примерно месяц спустя после окончания цветения соответственно с 5 по 12 июля и с 13 по 18 июля при суммах положительных температур 1356–1521 и 1549–1679 °С соответственно. У позднеспелых сортов период от окончания цветения до начала созревания плодов оказался более продолжительным и составил 1,5–2 месяца. При этом наступление у них данной фенологической фазы наблюдалось с 22 июля до 10 августа при наибольшей в таксономическом ряду сумме положительных температур, составлявшей 1762–2135 °С. Наиболее значительные временные различия в сроках начала созревания плодов в группах ранне- и среднеспелых сортов составляли соответственно 6 и 7 дней, тогда как у позднеспелых достигали 17 дней. Наименее продолжительным период от начала до окончания созревания плодов (от 16 до 25 дней) был у раннеспелых сортов голубики, тогда как наибольшим (37–42 дня) – у позднеспелых при промежуточном положении в этом плане (26–31 день) среднеспелых сортов. При этом наиболее раннее созревание плодов среди ранних сортов (с опережением стандартного сорта на 7 дней) выявлено у сорта Шантиклир, среди среднеспелых сортов (с опережением стандартного сорта на 4 дня) – у сорта Харрисон, а среди позднеспелых сортов (с опережением стандартного сорта на 15 дней) – у сорта Рубел.

Завершение данного вегетационного периода у растений голубики, сопряженное с покраснением листьев и началом листопада, пришлось на сентябрь и начало октября. При этом у раннеспелых сортов наступление данных фенологических фаз зафиксировано с 5 по 16 сентября и с 12 сентября по 3 октября при незначительной разбежке сумм положительных температур в пределах 2538–2688 и 2630–2844 °С соответственно. У среднеспелых сортов покраснение листьев и начало листопада отмечены с 14 по 15 сентября и с 28 сентября по 6 октября при несколько более высоких суммах положительных температур – соответственно 2662–2673 и 2797–2875 °С, а вступление в эти фенофазы позднеспелых сортов голубики происходило с 12 по 25 сентября и с 1 по 4 октября при суммах положительных температур 2630–2766 и 2823–2854 °С соответственно (табл. 2, 3).

Как видим, в условиях сезона 2021 г. с преобладанием жаркой и сухой погоды в летние месяцы во время созревания плодов голубики все новые интродуцируемые сорта голубики успевали пройти полный цикл сезонного развития и сформировать урожай ягодной продукции.

Во второй год наблюдений, характеризовавшийся на протяжении большей части вегетационного периода пониженным и весьма неравномерным температурным фоном при дефиците влаги в периоды цветения и плодоношения растений, набухание генеративных почек у всех сортов голубики происходило одновременно и примерно на месяц раньше, чем в предыдущем сезоне, при сумме положительных температур 47–51 °С (табл. 2, 3). Однако их распускание оказалось смещенным на 7–10 дней на более позднее время по сравнению с предыдущим сезоном при более высоких, причем почти одинаковых у ранне- и среднеспелых сортов, суммах положительных

Таблица 2. Даты прохождения сортами *Vaccinium corymbosum* основных фаз фенологического развития в 2021–2023 гг.

Сорт	Фаза развития										
	набухание почек	распускание почек	начало роста побегов	появление листьев	начало бутонизации	начало цветения	окончание цветения	начало созревания плодов	окончание созревания плодов	покраснение листьев	начало листопада
2021 г.											
Веймут (к.)	30.03	24.04	05.05	15.05	11.05	20.05	03.06	05.07	30.07	08.09	17.09
Шангиклир	30.03	22.04	05.05	16.05	11.05	21.05	08.06	07.07	23.07	05.09	12.09
Ханна Чойс	30.03	22.04	06.05	16.05	13.05	22.05	08.06	12.07	30.07	16.09	03.10
Блюкроп (к.)	30.03	24.04	07.05	17.05	12.05	20.05	08.06	13.07	14.08	14.09	28.09
Блюголд	30.03	24.04	08.05	18.05	12.05	22.05	12.06	18.07	17.08	14.09	01.10
Харрисон	25.03	23.04	05.05	12.05	10.05	17.05	10.06	14.07	10.08	15.09	06.10
Эллиот (к.)	30.03	01.05	08.05	26.05	13.05	24.05	14.06	05.08	12.09	25.09	04.10
Аврора	30.03	29.04	07.05	21.05	15.05	24.05	07.06	10.08	21.09	16.09	01.10
Рубел	03.04	28.04	07.05	20.05	13.05	23.05	09.06	22.07	28.08	12.09	02.10
2022 г.											
Веймут (к.)	27.02	01.05	07.05	16.05	16.05	20.05	09.06	11.07	06.08	09.09	30.09
Шангиклир	27.02	04.05	10.05	19.05	23.05	25.05	09.06	15.07	15.08	10.09	30.09
Ханна Чойс	28.02	30.04	07.05	18.05	18.05	24.05	10.06	21.07	15.08	13.09	02.10
Блюкроп (к.)	28.02	04.05	10.05	16.05	22.05	26.05	13.06	24.07	24.08	13.09	03.10
Блюголд	28.02	02.05	10.05	17.05	23.05	25.05	14.06	25.07	24.08	17.09	08.10
Харрисон	24.02	01.05	11.05	16.05	19.05	22.05	14.06	21.07	29.08	19.09	09.10
Эллиот (к.)	28.02	07.05	13.05	18.05	25.05	31.05	19.06	19.08	30.09	14.09	06.10
Аврора	28.02	06.05	11.05	17.05	23.05	29.05	14.06	17.08	30.09	14.09	06.10
Рубел	01.03	06.05	13.05	18.05	20.05	26.05	12.06	02.08	15.09	12.09	03.10
2023 г.											
Веймут (к.)	20.03	14.04	18.04	20.04	01.05	12.05	29.05	03.07	04.08	22.09	10.10
Шангиклир	14.03	16.04	21.04	24.04	10.05	13.05	01.06	04.07	24.07	05.10	10.10
Ханна Чойс	17.03	11.04	18.04	23.04	10.05	13.05	07.06	07.07	01.08	09.10	16.10
Блюкроп (к.)	17.03	16.04	20.04	24.04	12.05	14.05	02.06	13.07	16.08	06.10	15.10
Блюголд	17.03	14.04	18.04	20.04	10.05	14.05	02.06	13.07	16.08	13.10	16.10
Харрисон	11.03	16.04	20.04	22.04	01.05	05.05	08.06	12.07	19.08	13.10	23.10
Эллиот (к.)	20.03	18.04	23.04	26.04	15.05	19.05	09.06	09.08	25.09	13.10	16.10
Аврора	14.03	14.04	20.04	23.04	15.05	18.05	04.06	06.08	20.09	12.10	18.10
Рубел	20.03	19.04	23.04	26.04	15.05	18.05	05.06	27.07	28.08	05.10	16.10

Таблица 3. Суммы положительных среднесуточных температур воздуха при прохождении сортами *Vaccinium corymbosum* основных фаз фенологического развития в 2021–2023 гг., °С

Сорт	Фаза развития												начало листопада			
	набухание почек	распускание почек	начало роста	появление листьев	начало бутонизации	2021 г.		2022 г.		2023 г.		окончание цветения		начало созревания плодов	окончание созревания плодов	покраснение листьев
						начало цветения	окончание цветения	начало цветения	окончание цветения	начало цветения	окончание цветения					
Веймут (к.)	63	241	324	438	386	509	699	1356	1931	2569	2701					
Шантклир	63	234	324	453	386	521	793	1400	1780	2538	2630					
Ханна Чойс	63	234	334	453	411	535	793	1521	1931	2688	2844					
Блюкроп (к.)	63	241	341	469	401	509	793	1549	2206	2662	2797					
Блюголд	63	241	348	483	401	535	866	1679	2268	2662	2823					
Харрисон	30	238	324	401	370	469	829	1574	2135	2673	2875					
Эллиот (к.)	63	284	348	591	411	562	896	2044	2630	2766	2854					
Аврора	63	261	341	521	438	562	773	2135	2729	2688	2823					
Рубел	94	253	341	509	411	548	812	1762	2438	2630	2833					
Веймут (к.)	51	299	363	474	474	523	813	1446	1929	2546	2761					
Шантклир	51	330	393	506	562	588	813	1512	2107	2556	2761					
Ханна Чойс	51	288	363	494	494	575	835	1614	2107	2587	2781					
Блюкроп (к.)	51	330	393	474	549	604	894	1678	2304	2587	2788					
Блюголд	51	309	393	484	562	588	908	1697	2304	2636	2842					
Харрисон	47	299	404	474	506	549	908	1614	2411	2656	2854					
Эллиот (к.)	51	363	439	494	588	660	996	2199	2761	2599	2820					
Аврора	51	347	404	484	562	636	908	2153	2761	2599	2820					
Рубел	51	347	439	494	523	604	875	1844	2612	2575	2788					
Веймут (к.)	64	236	270	294	402	497	759	1368	1983	2884	3117					
Шантклир	41	250	306	346	474	511	809	1388	1776	3077	3117					
Ханна Чойс	51	208	270	333	474	511	895	1449	1923	3113	3181					
Блюкроп (к.)	51	250	294	346	497	527	823	1558	2224	3088	3176					
Блюголд	51	236	270	294	474	527	823	1558	2224	3148	3181					
Харрисон	32	250	294	319	402	436	912	1537	2294	3148	3226					
Эллиот (к.)	64	270	333	366	544	603	930	2082	2951	3148	3181					
Аврора	41	236	294	333	544	589	845	2031	2850	3138	3191					
Рубел	64	282	333	366	544	589	860	1833	2474	3077	3181					

температур, составлявших 288–330 и 299–330 °С соответственно, а у позднеспелых сортов – 347–363 °С.

Незначительное запаздывание на 1–6 дней относительно предыдущего года характеризовало также фазу начала роста побегов, наступление которой протекало в период с 7 по 13 мая при последовательном возрастании в соответствующих сортовых рядах необходимых сумм положительных температур (363–393 °С, 393–404 и 404–439 °С). Как и годом ранее, спустя 5–11 дней, во второй декаде мая отмечено появление первых листьев при отсутствии заметных межсезонных различий в сроках их образования и в количестве тепла, на фоне заметного сходства этих показателей у исследуемых сортовых групп. Однако вступление растений в фазу бутонизации произошло на 5–12 дней позднее, чем в предыдущем сезоне, при более высоких суммах положительных температур, постепенно нараставших от ранних к позднеспелым сортам и составлявших 474–562 °С, 506–562 и 523–588 °С соответственно. На наш взгляд, запаздывание фазы бутонизации обусловлено более низким, чем в предыдущем сезоне, температурным фоном в этот период при существенном дефиците влаги.

Цветение голубики, как правило, начинающееся с середины мая, в данном сезоне, как и в предыдущем, пришлось на третью декаду этого месяца, причем на 2–7 дней позже, при более высоких суммарных значениях положительных температур, возраставших в аналогичной с фазой бутонизации последовательности сортовых групп (523–588 °С, 549–604 и 604–660 °С). Заметим, что начало цветения у тестируемых раннеспелых сортов отмечено на 4–5 дней позже, чем у районированного сорта, тогда как у среднеспелых и позднеспелых сортов, напротив, с их опережением на 1–5 дней. Продолжительность же цветения в общем сортовом ряду, без привязки к срокам созревания плодов, во второй год наблюдений оказалась в целом сопоставимой с таковой в предыдущем сезоне, варьируясь от 15–16 (Шантиклир, Аврора) до 23 дней (Харрисон). При этом окончание периода цветения, как и его начало, отмечено на 1–7 дней позже, нежели годом ранее, и при более высоких суммарных значениях плюсовых температур, что объясняется не совсем благоприятным характером погодных условий второго вегетационного периода.

Однако наиболее выразительные сортовые и межсезонные различия в прохождении фенологических фаз установлены в период плодоношения, наступившего, как и годом ранее, у ранне- и среднеспелых сортов спустя 30–40 дней после окончания цветения, с 11 по 21 июля и с 21 по 25 июля соответственно при более значительных, чем в предыдущем сезоне, суммах положительных температур, составивших 1446–1614 и 1614–1697 °С на фоне запаздывания сроков начала плодоношения на 6–11 дней. У позднеспелых сортов период от окончания цветения до начала созревания плодов, как и годом ранее, оказался более продолжительным и достигал 2 месяца. При этом наступление у них данной фенофазы отмечено с 2 до 19 августа при наибольшей в таксономическом ряду сумме положительных температур, составлявшей 1844–2199 °С. Наиболее значительные временные подвижки в сроках начала созревания плодов у ранне- и среднеспелых сортов относительно предыдущего сезона составляли соответственно 9 и 11 дней, тогда как у позднеспелых достигали 17 дней.

Поскольку растения голубики характеризуются одновременным созреванием плодов, то в условиях сезона 2022 г. общая продолжительность фазы плодоношения в сортовом ряду варьировалась от 25–26 дней у сортов Веймут и Ханна Чойс до 42–44 дней у всех позднеспелых сортов. При этом завершение периода созревания плодов у ранне-, средне- и позднеспелых сортов голубики, наблюдавшееся соответственно с 6 по 15 августа, с 24 по 29 августа и с 15 по 30 сентября, происходило на 7–23 дня позже, нежели в предыдущем сезоне, при суммах положительных температур 1929–2107 °С, 2304–2411 и 2612–2761 °С соответственно.

Нетрудно убедиться, что для прохождения генеративных фаз сезонного развития новых интродуцированных сортов *V. corymbosum* в менее благоприятных по гидротермическому режиму погодных условиях 2022 г. требовалось значительно большее количество тепла, чем в условиях сезона 2021 г.

Вместе с тем обретение листьями голубики антоциановой окраски в данном сезоне наблюдалось примерно в те же сроки, что и годом ранее, но при меньшем количестве тепла и при временных подвижках, не превышавших 5 дней, и лишь у районированного позднеспелого сорта

Эллиот их покраснение произошло на 11 дней раньше. При этом начало листопада у раннеспелых сортов Веймут и Шантиклир наступило позже на 13 и 18 дней соответственно, чем в предыдущем сезоне, тогда как у среднеспелых сортов аналогичные временные различия не превышали соответственно 3–7 и 1–5 дней.

Как показано в табл. 1, вегетационный период 2023 г. характеризовался весьма неравномерным температурным фоном, отличавшимся от предыдущих сезонов более высокими показателями в весенние месяцы и более низкими, нежели в 2021 г., но сопоставимыми с таковыми в 2022 г. в летний период, а также избыточным выпадением атмосферных осадков на всем его протяжении, за исключением мая. Разумеется, особенности погодных условий третьего вегетационного сезона не могли не отразиться на фенологическом развитии исследуемых сортов голубики высокорослой. Так, повышенные среднесуточные температуры первых весенних месяцев обусловили смещение прохождения всех фенофаз вегетативного этапа развития растений на 2–3 недели на более ранние сроки относительно двух предыдущих сезонов на фоне значительно меньшего для их наступления количества тепла (табл. 1, 2).

Вместе с тем вступление ранне- и среднеспелых сортов голубики в фазы бутонизации и цветения произошло одновременно при отставании на несколько дней позднеспелых сортов и примерно в те же сроки, что и в 2021 г., но с опережением на 10–15 дней таковых в 2022 г. при суммах положительных температур, последовательно нараставших в ряду от раннеспелых к позднеспелым сортам. Начало созревания плодов у исследуемых сортовых групп, пришедшее соответственно на 3–7 июля, 12–13 июля и 27 июля – 9 августа, также происходило с опережением сроков его наступления в предыдущие сезоны при наибольшем временном разрыве с 2022 г., составлявшем 6–14 дней и при несколько меньшем количестве необходимого тепла. При этом окончание фазы созревания плодов происходило также с аналогичным опережением срока, установленного годом ранее, но почти одновременно с таковым в 2021 г.

Как видим, несмотря на более существенные различия в характере погодных условий вегетационного периода 2023 г. по сравнению с 2021 г., нежели с 2022 г., в фенологическом развитии растений голубики отмечено более выраженное сходство с первым сезоном. Тем не менее все новые тестируемые таксоны, как и соответствующие группам спелости районированные сорта, по мере набора необходимого количества тепла, успевали пройти полный цикл своего развития и сформировать урожай ягодной продукции при отчетливых сортовых различиях фенологических ритмов, наиболее выразительно проявившихся во время цветения и особенно в период плодоношения. Наиболее раннее созревание плодов у новых сортов голубики, опережавшее таковое у соответствующих стандартных сортов на 7–28 дней, выявлено у сорта Шантиклир и у сорта Рубел, тогда как наиболее позднее, с отставанием на 3–5 дней, – у сорта Харрисон.

ВЫВОДЫ

В результате сравнительного исследования в южной агроклиматической области Беларуси в контрастные по гидротермическому режиму вегетационные сезоны 2021–2023 гг. фенологического развития 6 новых интродуцируемых сортов голубики высокорослой разных сроков созревания: раннеспелых – Шантиклир, Ханна Чойс, среднеспелых – Блюголд, Харрисон и позднеспелых – Аврора, Рубел, а также соответствующих данным группам спелости районированных сортов Веймут, Блюкроп и Эллиот, установлено существенное влияние погодных условий на сроки наступления и прохождения основных фенологических фаз. Несмотря на более выраженные различия в характере погодных условий вегетационного периода 2023 г. по сравнению с 2021 г., нежели с 2022 г., в сезонном цикле развития растений голубики отмечено более выраженное сходство с первым годом наблюдений. Наиболее значительные межсезонные различия в сроках прохождения фенологических фаз у ранне- и среднеспелых сортов составляли соответственно 9 и 11 дней, тогда как у позднеспелых достигали 17 дней. Однако все тестируемые таксоны голубики, как и районированные сорта, по мере набора необходимого количества тепла, постепенно нарастающего от ранне- к позднеспелым сортам, успевали пройти полный цикл своего развития и сформировать урожай ягодной продукции при отчетливых сортовых различиях фенологиче-

ских ритмов, наиболее выразительно проявившихся во время цветения и особенно в период плодоношения. Наиболее раннее созревание плодов у новых сортов голубики, опережавшее таковое у соответствующих стандартных сортов на 7–28 дней, выявлено у сортов Шанतिकлир и Рубел, тогда как наиболее позднее, с отставанием на 3–5 дней, – у сорта Харрисон.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зайцев, Г. Н. Фенология древесных растений / Г. Н. Зайцев. – М. : Наука, 1981. – 120 с.
2. Фенологические наблюдения в ботаническом саду БГУ / А. С. Шуканов [и др.] // Фенологические исследования природы Белоруссии / АН БССР ; редкол.: И. Д. Юркевич [и др.]. – Минск, 1986. – С. 78–79.
3. 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. – 88 с.
4. 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. – Орел : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
5. Буткус, В. Ф. Биологическая и биохимическая характеристика голубики высокорослой (3. Морфологические особенности сортов) / В. Ф. Буткус, З. П. Буткенс // Тр. АН ЛитССР. Сер. В. – 1987. – № 2 (98). – С. 28–38.
6. Ботаника : Морфология и анатомия растений : учеб. пособие / А. Е. Васильев [и др.] ; под общ. ред. Т. И. Себряковой. – 2-е изд., перераб. – М. : Просвещение, 1988. – 480 с.
7. Дрозд, О. В. Морфологические особенности цветков сортов голубики высокорослой, интродуцированных в Белорусском Полесье / О. В. Дрозд // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2016. – № 1. – С. 17–22.

THE IMPACT OF WEATHER CONDITIONS OF THE VEGETATION PERIOD ON RHYTHMS OF SEASONAL DEVELOPMENT OF HIGHBUSH BLUEBERRY VARIETIES AT THE INTRODUCTION IN BELARUS

N. B. PAVLOVSKY, ZH. A. RUPASOVA, O. V. DROZD, D. O. SULIM, P. N. BELY

Abstract

The article presents the results of a comparative study carried out in the southern agroclimatic area of Belarus in contrasting hydrothermal regimes of vegetation periods of 2021–2023. During the study of phenology of seasonal development of 6 new introduced varieties of highbush blueberry with different ripening periods in particular early-ripening Chanticleer and Hannah's Choice varieties; mid-ripening Bluegold and Harrison varieties and late-ripening Aurora and Rubel varieties, as well as regionalized Weymouth, Bluecrop and Elliot varieties, corresponding to the given groups of crop ripening, a significant impact of weather conditions on the timing of the onset of the main phenological phases was established. The most notable inter-seasonal differences in the timing of the phenological phases in the early and mid-ripening varieties were 9 and 11 days, respectively, while as for the late-ripening varieties they reached 17 days. However, all the tested blueberry taxa, along with the regionalized varieties, as the required amount of heat was reached increasing from the early to late-ripening varieties, managed to go through a full cycle of their development and form the harvest of berry products with distinct varietal differences in phenological rhythms, most expressively manifested during flowering and especially during fruiting. The earliest fruit ripening in new varieties of blueberries, which was 7–28 days ahead of that in the corresponding standard varieties, was identified in the Chanticleer and Rubel varieties, while the latest, with a delay of 3–5 days, was found in the Harrison variety.

Keywords: highbush blueberry, variety, phenorhythmics, phases of seasonal development, budding, flowering, fruiting, sum of positive temperatures, Belarus.

Поступила в редакцию 06.12.2023

ОЦЕНКА РЕГЕНЕРАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ НОВЫХ СОРТОВ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ ПРИ ВЕГЕТАТИВНОМ РАЗМНОЖЕНИИ

Н. Б. ПАВЛОВСКИЙ, Ж. А. РУПАСОВА, О. В. ДРОЗД, Д. О. СУЛИМ, 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 в южной агроклиматической области республики в контр-растные по погодным условиям сезоны 2021–2023 гг. регенерационной способности 6 новых интродуцируемых сортов голубики высокорослой разных сроков созревания плодов – раннеспелых – Шантиклир (*Chanticleer*), Ханна Чойс (*Hannah's Choice*), среднеспелых – Блюголд (*Bluegold*), Харрисон (*Harrison*), позднеспелых – Аврора (*Aurora*), Рубел (*Rubel*) – и привлеченных в качестве эталонов сравнения соответствующих районированных сортов Веймут (*Weymouth*), Блюкроп (*Bluescop*) и Эллиот (*Elliott*). Установлена существенная зависимость процессов ризогенеза и новообразования побегов при размножении голубики зелеными черенками от генотипа растений и погодных условий вегетационного периода. Наиболее выраженной способностью к укоренению стеблевых черенков, сопоставимой с таковой у соответствующих районированных сортов, характеризовались сорта Шантиклир, Ханна Чойс и Харрисон, тогда как наименьшей – сорта Блюголд и Аврора. Среди тестируемых сортов наибольшая способность укорененных черенков к новообразованию побегов по сравнению со стандартными сортами выявлена лишь у среднеспелого сорта Блюголд, тогда как наименьшая – у обоих позднеспелых сортов Аврора и Рубел. Показано, что наиболее значительной суммарной протяженностью новообразованных побегов отмечен сорт Харрисон, а наименьшей – Рубел.

Ключевые слова: голубика высокорослая, сорт, стеблевой черенок, регенерационная способность, укореняемость, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

В связи со значительным увеличением в настоящее время потребности фермерских хозяйств и садоводов республики в посадочном материале чрезвычайно популярной у населения культуры – голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.), плоды которой характеризуются высоким содержанием широкого спектра биологически активных соединений, особый интерес представляет оценка регенерационной способности ее сортов при вегетативном размножении. Наиболее простой и широко распространенный вегетативный способ размножения, который позволяет в полной мере сохранить хозяйственно-биологические признаки маточных растений, – зеленое черенкование, основанное на естественной способности растений к регенерации, т. е. возобновлению утраченных органов или развитию целого растения из отдельных частей [1–3]. В предыдущие годы исследованием сортовых особенностей размножения интродуцированных сортов голубики высокорослой методом зеленого черенкования в условиях Беларуси занимались Т. В. Курлович и В. Н. Босак [4], Н. Б. Павловский [5] и О. В. Дрозд [6].

В последние годы коллекционный фонд Центрального ботанического сада НАН Беларуси пополнился новыми, впервые интродуцируемыми в условиях южной агроклиматической области республики сортами голубики высокорослой разных сроков созревания плодов: раннеспелыми – Шантиклир (*Chanticleer*), Ханна Чойс (*Hannah's Choice*), среднеспелыми – Блюголд (*Bluegold*), Харрисон (*Harrison*) и позднеспелыми – Аврора (*Aurora*), Рубел (*Rubel*), с которыми проводят комплексные исследования ростовых, биопродукционных и биохимических характеристик, для сравнительной оценки которых в качестве эталонов привлечены ранее районированные сорта Веймут (*Weymouth*), Блюкроп (*Bluescop*) и Эллиот (*Elliott*). На основе этих исследований будут выявлены таксоны голубики, наиболее перспективные по обозначенным признакам для районирования в Беларуси и для использования в селекционном процессе.

Одним из важнейших аспектов этой работы являлась оценка регенерационной способности новых интродуцируемых сортов голубики высокорослой при размножении зелеными (неодревесневшими) черенками, в связи с чем были проведены соответствующие исследования, что и определило цель настоящей работы.

МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в 2021–2023 гг. в отраслевой лаборатории интродукции и технологии нетрадиционных ягодных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси (г. Ганцевичи, Брестская обл.), находящейся в южной агроклиматической области Беларуси в районе распространения легких песчаных дерново-подзолистых почв и осушенных верховых торфяников.

Годы исследований характеризовались выраженными контрастами погодных условий вегетационного периода. Так, на протяжении большей части первого сезона (2021 г.) преобладала сухая и жаркая погода с превышением на 21–22 % средних многолетних температурных показателей, тогда как на протяжении большей части второго сезона (2022 г.) температурный фон был заметно ниже нормы при весьма неравномерном выпадении атмосферных осадков и их относительном дефиците.

Регенерационную способность зеленых черенков голубики высокорослой, а также особенности роста и развития полученных растений изучали в условиях поликарбонатной теплицы, оборудованной автоматической системой мелкокапельного орошения. Стеблевые черенки длиной 5–6 см с 2 верхними листьями нарезали с нижней части побегов ветвления прироста текущего года после завершения весеннего роста, оставляя «пятку» – кусочек коры прошлогоднего прироста и древесины [1]. Заготовленные черенки каждого сорта голубики высаживали в кассеты для рассады (мультиплаты) на 64 конусовидные ячейки, заполненные торфом с добавлением опилок (10 %), которые имели следующие размеры: диаметр верхний/нижний – 45/38 мм, высота – 52 мм, объем – 65 см³ при величине дренажного отверстия 20 мм. Черенки заглубляли на 2/3 длины (до оставленных листьев). Повторность опыта трехкратная. Стимуляторы корнеобразования не применяли. В течение всего периода укоренения черенков в теплице поддерживали высокую влажность (100 %) и температуру воздуха 23–30 °С. В конце июня следующего года, по завершении весенне-летнего роста побегов, определяли приживаемость и биометрические показатели (число побегов и суммарную величину их прироста) у 10 растений каждого сорта в 3-кратной повторности.

Статистическая обработка данных выполнена с применением пакета анализа данных программы Microsoft Excel при 95%-ном уровне значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что в годы наблюдений все сорта голубики показали относительно высокую регенерационную способность, подтверждаемую весьма значительным процентом укореняемости черенков, особенно во втором сезоне, варьировавшимся в соответствующих диапазонах – 48–61 и 69–78 % у раннеспелых, 47–80 и 75–90 % у среднеспелых и 60–93 и 53–97 % у позднеспелых сортов (табл. 1). Несмотря на то, что эксперимент проводился в теплице, тем не менее погодные условия вегетационного периода оказали заметное влияние на способность опытных растений к ризогенезу. Так, в оба сезона только в группе среднеспелых сортов голубики наибольшей она была у сорта Харрисон, а наименьшей – у сорта Блюголд, тогда как у раннеспелых и позднеспелых сортов подобного сходства в эти сезоны выявить не удалось. При этом в обоих случаях выделенные по данному признаку сорта голубики в годы исследований занимали противоположные позиции (табл. 1). Скорее всего, это обусловлено особенностями их ответной реакции на изменение светового, температурного и, возможно, водного режимов на фоне межсезонных различий погодных условий вегетационного периода.

К концу сезона лишь некоторые прижившиеся черенки давали начало одному, реже двум-трем новым побегам длиной от 3 до 8 см. Весной следующего года практически все ювенильные растения сформировали побеги замещения. При этом те из них, которые имели верхушечную почку, образовали по одному побегу, тогда как черенки без апикальной почки дали начало двум, реже одному или трем побегам из верхних латеральных почек. При этом среднее количество побегов, сформированных укорененными черенками, изменялось в общем сортовом ряду в первый год наблюдений от 1,2 до 3,3 шт., во второй – от 1,3 до 2,0 шт. при их суммарной протяженно-

сти соответственно от 9 до 17 см и от 8 до 20 см (табл. 1). Как видим, не совсем благоприятные погодные условия второго сезона в определенной мере сдерживали процесс побегообразования у укоренившихся черенков опытных растений.

Сравнение приведенных показателей у тестируемых раннеспелых сортов голубики и районированного сорта Веймут выявило в оба сезона отсутствие значимых различий по укореняемости черенков при противоположных по знаку расхождениях с ним по количеству новообразованных побегов в сторону увеличения на 35 % в 2021 г. и близкого по величине отставания от него в менее благоприятных условиях вегетационного периода 2022 г. (табл. 2). При этом в оба сезона у сорта Шантиклир выявлено превышение эталонного уровня суммарной протяженности побегов на 44 и 67 % соответственно на фоне отсутствия достоверных различий с ним по данному признаку у сорта Ханна Чойс.

Таблица 1. Укореняемость зеленых черенков сортов *Vaccinium corymbosum* и средние биометрические параметры полученных растений

Сорт	Укореняемость, %	Число побегов, шт.	Суммарная длина побегов, см
	$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$	$\bar{x} \pm m_x$
2021 г.			
<i>Раннеспелые сорта</i>			
Веймут (к.)	61,0 ± 2,0	1,7 ± 0,6	9,0 ± 1,0
Шантиклир	61,0 ± 2,0	2,3 ± 0,5*	13,0 ± 2,0*
Ханна Чойс	48,0 ± 6,0*	2,3 ± 0,5*	9,0 ± 2,0
НСР_{0,05}	12,9	0,60	2,2
<i>Среднеспелые сорта</i>			
Блюкроп (к.)	76,0 ± 6,0	1,2 ± 0,3	14,0 ± 2,0
Блюголд	47,0 ± 9,0*	2,3 ± 0,7*	9,0 ± 2,0*
Харрисон	80,0 ± 15,0	3,3 ± 1,0*	16,0 ± 3,0
НСР_{0,05}	26,6	0,96	3,2
<i>Позднеспелые сорта</i>			
Эллиот (к.)	85,0 ± 6,0	3,0 ± 0,5	17,0 ± 3,0
Аврора	60,0 ± 1,0*	2,2 ± 0,7*	9,0 ± 2,0*
Рубел	93,0 ± 4,0	2,1 ± 0,6*	13,0 ± 3,0*
НСР_{0,05}	14,2	0,84	3,5
2022 г.			
<i>Раннеспелые сорта</i>			
Веймут (к.)	78,0 ± 8,0	2,0 ± 0,4	17,0 ± 3,0
Шантиклир	69,0 ± 9,0	1,3 ± 0,3*	10,0 ± 3,0*
Ханна Чойс	73,0 ± 6,0	1,4 ± 0,5*	8,0 ± 2,0*
НСР_{0,05}	27,3	0,47	4,0
<i>Среднеспелые сорта</i>			
Блюкроп (к.)	87,0 ± 1,0	1,4 ± 0,3	12,0 ± 3,0
Блюголд	75,0 ± 4,0*	2,0 ± 0,4*	20,0 ± 6,0*
Харрисон	90,0 ± 3,0	1,7 ± 0,3	12,0 ± 3,0
НСР_{0,05}	9,8	0,51	5,4
<i>Позднеспелые сорта</i>			
Эллиот (к.)	97,0 ± 2,0	2,0 ± 0,3	16,0 ± 3,0
Аврора	84,0 ± 0*	1,6 ± 0,3*	16,0 ± 3,0
Рубел	53,0 ± 2,0*	1,4 ± 0,3*	8,0 ± 1,0*
НСР_{0,05}	4,9	0,45	3,5

* Статистически значимые различия со стандартным сортом при $p < 0,05$.

В группе среднеспелых сортов голубики в оба года исследований выявлено отставание сорта Блюголд от стандартного сорта Блюкроп по укореняемости черенков на 38 и 14 % соответственно при отсутствии значимых различий с ним по данному признаку у сорта Харрисон. Заметим, что погодные условия первого сезона в большей степени, чем второго, способствовали ново-

образованию побегов у обоих тестируемых таксонов, особенно у сорта Харрисон, сформировавшего в 2021 г. почти втрое большее, чем у сорта Блюкроп, их количество при двукратном превышении эталонного уровня данного показателя у сорта Блюголд. Несмотря на столь значительную активизацию побегообразования у тестируемых среднеспелых сортов голубики, суммарная протяженность побегов у сорта Блюголд уступала таковой у стандартного сорта на 36 % при сопоставимости с ним ее значения у сорта Харрисон. Это свидетельствовало о том, что оба тестируемых таксона из этой группы сформировали значительно большее, чем у районированного сорта, количество более коротких побегов. Вместе с тем в условиях сезона 2022 г. превышение эталонного уровня числа новообразованных побегов, хотя и менее выраженное, чем годом ранее, подтвердилось только у сорта Блюголд при полном нивелировании подобных различий у сорта Харрисон. Тем не менее, в отличие от предыдущего сезона, суммарная длина побегов первого таксона превышала таковую сорта Блюкроп на 67 % при сохранении сопоставимости с ним ее значения у сорта Харрисон, для которого, напомним, было также показано отсутствие достоверных различий с эталонным сортом по укореняемости черенков (табл. 2).

Что касается позднеспелых сортов голубики, то у них межсезонные различия анализируемых показателей проявились не столь выразительно, как в предыдущих случаях, при сохранении во втором сезоне выявленной годом ранее отрицательной направленности различий с районированным сортом Эллиот по большинству анализируемых признаков. При этом в оба сезона у обоих тестируемых таксонов показано совпадение степени данных различий по количеству новообразованных побегов при нивелировании расхождений по их суммарной протяженности у сорта Аврора на фоне двукратного увеличения во втором сезоне степени отставания сорта Рубел от стандартного сорта по данному признаку.

Таблица 2. Относительные различия новых интродуцируемых сортов *Vaccinium corymbosum* с районированными сортами Веймут, Блюкроп и Эллиот по укореняемости зеленых черенков и средним биометрическим параметрам полученных растений в годы исследований

Сорт	Укореняемость, %	Число побегов, шт.	Суммарная длина побегов, см
2021 г.			
<i>Раннеспелые сорта</i>			
Шантиклир	–	+35,3	+44,4
Ханна Чойс	–	+35,3	–
<i>Среднеспелые сорта</i>			
Блюголд	–38,2	+91,7	–35,7
Харрисон	–	+175,0	–
<i>Позднеспелые сорта</i>			
Аврора	–29,4	–26,7	–47,1
Рубел	–	–30,0	–23,5
2022 г.			
<i>Раннеспелые сорта</i>			
Шантиклир	–	–35,0	–41,2
Ханна Чойс	–	–30,0	–52,9
<i>Среднеспелые сорта</i>			
Блюголд	–13,8	+42,9	+66,7
Харрисон	–	–	–
<i>Позднеспелые сорта</i>			
Аврора	–13,4	–20,0	–
Рубел	–45,4	–30,0	–50,0

Примечание. Прочерк означает отсутствие статистически значимых различий с соответствующим стандартным сортом при $p < 0,05$.

Нетрудно убедиться, что, наряду с генотипом растений голубики, существенное влияние на ризогенез и новообразование побегов оказывали погодные условия вегетационного периода, что подтверждалось существенными межсезонными различиями темпов протекания этих про-

цессов. Тем не менее, несмотря на это, в оба сезона наиболее выраженной способностью к укоренению зеленых черенков, сопоставимой с таковой у соответствующих районированных сортов, характеризовались оба тестируемых раннеспелых сорта Шантиклир и Ханна Чойс, а также среднеспелый сорт Харрисон, тогда как наименьшим проявлением этой способности, особенно в первом жарком и сухом сезоне, отмечены среднеспелый сорт Блюголд и позднеспелый Аврора. Вместе с тем в оба сезона наибольшая способность укорененных черенков к новообразованию побегов, превосходившая таковую стандартного сорта Блюкроп, выявлена лишь у среднеспелого сорта Блюголд, тогда как наименьшая, причем проявившаяся в отставании в равной степени от эталонного сорта Эллиот по данному признаку, установлена у обоих позднеспелых сортов Аврора и Рубел. При этом в оба сезона наибольшей суммарной протяженностью новообразованных побегов, сопоставимой с таковой стандартного сорта Блюкроп, был отмечен сорт Харрисон, а наименьшей, проявившейся в устойчивом отставании от районированного сорта Эллиот по данному признаку, характеризовался позднеспелый сорт Рубел.

ВЫВОДЫ

В результате сравнительного исследования в южной агроклиматической области Беларуси в контрастные по погодным условиям сезоны 2021–2023 гг. регенерационной способности зеленых черенков 6 новых интродуцируемых сортов голубики высокорослой разных сроков созревания плодов: раннеспелых – Шантиклир, Ханна Чойс, среднеспелых – Блюголд, Харрисон и позднеспелых – Аврора, Рубел, а также привлеченных в качестве эталонов сравнения соответствующих районированных сортов Веймут, Блюкроп и Эллиот установлено существенное влияние на процессы ризогенеза и новообразования побегов сортовых особенностей растений и погодных условий вегетационного периода. Наиболее выраженной способностью к укоренению стеблевых черенков, сопоставимой с таковой у соответствующих районированных сортов, характеризовались сорта Шантиклир, Ханна Чойс и Харрисон, тогда как наименьшей – сорта Блюголд и Аврора. Среди тестируемых сортов наибольшая способность укорененных черенков к новообразованию побегов по сравнению со стандартными сортами выявлена лишь у среднеспелого сорта Блюголд, тогда как наименьшая – у обоих позднеспелых сортов Аврора и Рубел. Показано, что наиболее значительной суммарной протяженностью новообразованных побегов отмечен сорт Харрисон, а наименьшей – Рубел.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мак-Миллан Броуз, Ф. Размножение растений / Ф. Мак-Миллан Броуз ; пер. с англ. И. Г. Тараканова ; под ред. Н. В. Агафонова. – 2-е изд. – М. : Мир, 1992. – 192 с.
2. Физиология сельскохозяйственных растений : в 12 т. / Б. А. Рубин (гл. ред.) [и др.]. – М. : Изд-во М. ун-та, 1967–1971. – Т. 9 : Физиология винограда и чая / отв. ред. Б. А. Рубин. – 1970. – 620 с.
3. Бачило, А. И. Размножение малораспространенных ягодных культур зелеными черенками / А. И. Бачило // Итоги и перспективы ягодоводства : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию со дня рождения д-ра биол. наук, проф. А. Г. Волузнева, пос. Самохваловичи Минского района, 13–16 июля 1999 г. / Белорус. науч.-исслед. ин-т плодоводства ; гл. ред. В. А. Самусь. – Минск, 1999. – С. 82–85.
4. Курлович, Т. В. Голубика высокорослая в Беларуси / Т. В. Курлович, В. Н. Босак. – Минск : Беларус. навука, 1998. – 176 с.
5. Павловский, Н. Б. Регенерационная способность разных сортов голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) при размножении зелеными черенками / Н. Б. Павловский // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2019. – Т. 64, № 3. – С. 319–325.
6. Дрозд, О. В. Регенерационная способность интродуцированных сортов голубики при размножении зелеными черенками в условиях Белорусского Полесья / О. В. Дрозд // Земледелие и растениеводство. – 2023. – № 1 (146). – С. 49–53.

**ASSESSMENT OF THE REGENERATION CAPACITY OF NEW VARIETIES
OF Highbush BLUEBERRY UNDER VEGETATIVE PROPAGATION**

N. B. PAVLOVSKY, Zh. A. RUPASOVA, O. V. DROZD, D. O. SULIM, P. N. BELY

Abstract

The article presents the results of a comparative study carried out in the southern agroclimatic area of Belarus in contrasting weather conditions of the seasons 2021–2023. The regeneration capacity of 6 new introduced varieties of highbush blueberry with different ripening periods, in particular, early-ripening Chanticleer and Hannah's Choice varieties; mid-ripening Bluegold and Harrison varieties and late-ripening Aurora and Rubel varieties, as well as related regionalized Weymouth, Bluecrop and Elliot varieties, used as references for comparison, was researched. A high dependence of the rhizogenesis processes and new shoot formations during the propagation of blueberry with softwood cuttings on the plant genotype and weather conditions of the growing period was established. The most pronounced rooting capacity of stem cuttings, comparable to that of the corresponding regionalized varieties, was demonstrated by the Chanticleer, Hannah's Choice and Harrison varieties, while the least prominent capacity was characteristic for the Bluegold and Aurora varieties. Among the tested varieties, the greatest capacity of rooted cuttings to form new shoots compared to standard varieties was found only in the mid-ripening Bluegold variety, while the lowest – in both late-ripening Aurora and Rubel varieties. It was shown that Harrison variety was marked by the most significant total length of the newly formed shoots and the Rubel variety was marked by the least.

Keywords: highbush blueberry, variety, stem cutting, regeneration capacity, rooting, Belarus.

Поступила в редакцию 21.11.2023

ФИТОСАНИТАРНЫЙ МОНИТОРИНГ МАТОЧНЫХ И КОЛЛЕКЦИОННЫХ НАСАЖДЕНИЙ СОРТОВ И ГИБРИДОВ ВИНОГРАДА*

Т. А. КРАСИНСКАЯ^{1,2,3}, Т. Н. БОЖИДАЙ¹

¹РУП «Институт плодородства»,

ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь

²Белорусский государственный университет,

пр. Независимости, 4, г. Минск, 220030, Беларусь

³УО «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова»

Белорусского государственного университета,

ул. Долгобродская, 23, г. Минск, 220070, Беларусь,

e-mail: tatsiana.krasinskaya@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Проведен мониторинг насаждений винограда РУП «Институт плодородства» на наличие основных и карантинных сокопереносимых вирусов винограда. Протестировано 23 сорта в отделе биотехнологии и 26 сортов и гибридов белорусской селекции в отделе селекции плодовых культур. В коллекционных насаждениях винограда наиболее распространенным вирусом оказался GFkV, отмеченный у 23,5 % растений от всех протестированных, среди которых сорта Bianca, Regent, Crystal, Красотка и гибриды 2-15, 56-8. Диагностика растений в период их ухода на покой с помощью real-time PCR подтвердила наличие GFkV как во флоэме, так и в черешке листа растения винограда. Исключение в ходе real-time PCR составили гибрид 52-18, у которого во флоэме был детектирован GFkV только к 40 циклу ($C_q = 38,93$), а в тканях черешка листа вирус не идентифицирован, и Юпитер ($A_o / A_k = 22,9$), у которого во флоэме вирус не идентифицирован, но идентифицирован в черешке ($C_q = 34,08$). В образцах тканей сортов Платовский и Bianca при диагностике с помощью real-time PCR во всех изучаемых тканях идентифицированы вирусные частицы к 30 и 40 циклу в зависимости от сорта, в то время как согласно ELISA-тесту вирус отсутствовал ($A_o / A_k = 1,23$ и $0,98$ соответственно).

Ретестирование растений маточника, свободного от вирусов винограда с закрытой корневой системой, содержащихся в условиях теплицы, с помощью ELISA-теста в период активного роста подтвердило статус Virus free.

Ключевые слова: виноградарство Беларуси, GFkV, вирусы винограда, распространение вирусов.

ВВЕДЕНИЕ

Вредоносность вирусных заболеваний винограда проявляется в подавлении ростовых процессов и в значительном снижении урожая вплоть до полной потери продуктивности. Грозди инфицированных растений мельче, ягоды вызревают хуже, что приводит к ухудшению товарного качества урожая и к экономическим потерям [1, 2]. Из-за вирусных инфекций виноградники могут терять от 20 до 80 % урожая, что может вызвать серьезный дефицит сырья на рынке и колоссальные убытки в виноградарстве [3–5].

Распространяются вирусы почвообитающими нематодами, червцами, тлями, а также безвекторным способом при вегетативном размножении. Для некоторых заболеваний винограда, имеющих, несомненно, вирусную природу, возбудители не изолированы, а переносчики неизвестны [6–8].

Согласно стандарту ЕРРО (Европейская и Средиземноморская организация по карантину и защите растений) в перечне патогенов, обязательных для тестирования саженцев винограда, наиболее опасные вирусы сгруппированы по типу поражения и уровню вредоносности: А – вирусы, вызывающие дегенерацию винограда; В – вирусы, вызывающие скручивание листьев; С – вирусы, вызывающие деформацию древесины; D – вирусы, вызывающие пятнистости винограда [4, 9].

Согласно схеме получения оздоровленного посадочного материала ЕРРО основными сокопереносимыми вирусами винограда и наиболее вредоносными являются: вирус короткоузли

* Работа выполнена в рамках научно-исследовательской работы № госрегистрации НИОК(Т)Р 20231068 «Создать высокоурожайные зимостойкие сорта винограда технического назначения и разработать приемы размножения и возделывания винограда, пригодного для изготовления столовых сухих вин» (2023–2025 гг.).

винограда (GFLV), вирус скручивания листьев винограда (GLRaV-1, GLRaV-2, GLRaV-3), вирус А винограда (GVA), вирус пятнистости винограда (GFkV) [9]. В соответствии с Едиными карантинными фитосанитарными требованиями Евразийского экономического союза (ЕАЭС) в посадочном материале винограда должны отсутствовать следующие карантинные вирусы: вирус кольцевой пятнистости табака (TRSV), вирус кольцевой пятнистости томата (ToRSV), вирус розеточной мозаики яблони (PRMV), вирус кольцевой пятнистости малины (RRV) [10, 11].

Первые фитосанитарные обследования насаждений сортов винограда в Беларуси проведены в коллекциях отдела селекции плодовых культур РУП «Институт плодоводства» в период с 2013 по 2015 г. с помощью ELISA-теста. Был проведен мониторинг посадок на наличие 10 вирусов у 1350 растений 10 сортов винограда (2700 тестов) [12, 13].

Наиболее распространенным в посадках был вирус пятнистости винограда (GFkV): он присутствовал у 32,6 % растений от всех тестированных и встречался на сортах Crystall, Bianca, Платовский [12]. Из всего комплекса вирусов скручивания листьев в посадках выявлен только вирус скручивания листьев винограда-3 (GLRaV-3) у сорта Crystall.

GFLV выявлен в растительном материале, привезенном из Таджикистана [13]. Своевременная диагностика данного вируса позволила предотвратить посадку сорта Кишмиш Иртышар в коллекционные насаждения Института плодоводства.

Таких вирусов, как вирус мозаики арабис (ArMV), вирус кольцевой пятнистости малины (RpRSV), вирус латентной кольцевой пятнистости земляники (SLRV), вирус черной кольцевой пятнистости томата (TBRV), вирус скручивания листьев винограда-1 (GLRaV-1), вирус скручивания листьев винограда-2 (GLRaV-2), вирус А винограда (GVA), среди протестированных растений не обнаружено [12, 13].

Виноград как техническая культура в последнее время становится актуальным в Беларуси. В Гомельской и Брестской областях активно закладывают виноградники техническими сортами зарубежной селекции для промышленного производства винного материала. Активный обмен посадочным материалом винограда между производителями и частными коллекционерами мог и может привести к завозу на территорию Беларуси не только специфических для винограда вирусов, но и вирусов, которые диагностируются в его растениях, но хозяином которых являются травянистые растения, земляника садовая, голубика, яблоня, косточковые культуры: SLRV, RpRSV, ArMV, ToRSV, TBRV и PRMV. Вопрос производства безвирусного посадочного материала является весьма актуальным для растений рода *Vitis* L. на территории Республики Беларусь.

Цель работы – выделить свободные от основных и карантинных вирусов сорта и перспективные белорусские гибриды винограда из коллекционных насаждений отдела биотехнологии и отдела селекции плодовых культур РУП «Институт плодоводства» в категорию «оригинальные растения», ретестировать маточник сортов винограда (Nuclear stock collection Virus free) отдела биотехнологии с закрытой корневой системой.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объекты исследований – районированные и перспективные технические сорта винограда: Зилга, Marechal Foch, Bianca, Crystall, Платовский, Regent, гибриды 2-15, 23-16, 23-1, 56-7, 56-8, 56-9, 89-3 (Нина), 52-18, Marquette, Nero, Solaris, Garganega, Chardonnay, Scandia, Turan (Agria), Цветочный, К-784, Frontenac Gris, Rosina, Таежный изумруд, Кишмиш 22-16-6-3, Илья, Агат донской, Августа, Mars, Юпитер, Антек, Leon Millot, Антрацит (Чарли), Красотка, Мадраса (Mədrəsə), Виноград А, Кишмиш Хишрау, Кишмиш Иртышар.

Основные сокопереносимые вирусы винограда – вирус короткоузлия винограда (GFLV), вирус скручивания листьев винограда (GLRaV-1, GLRaV-2, GLRaV-3), вирус А винограда (GVA), вирус пятнистости винограда (GFkV); карантинные вирусы винограда – вирус кольцевой пятнистости табака (TRSV), вирус кольцевой пятнистости томата (ToRSV), вирус розеточной мозаики яблони (PRMV).

Фитосанитарный контроль растений винограда представлял собой комплексную диагностику, включающую ELISA-тест, real-time PCR и классическую ПЦР-тест (RT-PCR (Reverse

Transcription PCR)). Связано это с тем, что основным ограничением иммуноферментного анализа является относительно низкий порог чувствительности обнаружения вирусных частиц, содержащихся в инфицированном материале в очень низких концентрациях. Это приводит к ложноотрицательному результату. В настоящее время одним из самых информативных и высокоспецифичных методов идентификации вирусных инфекций является метод *real-time PCR*, позволяющий обнаружить наличие патогена даже в небольшой концентрации, что очень важно на ранних стадиях заражения.

Оптимальные сроки тестирования в условиях Беларуси не определены. Производители тест-систем BIOREBA указывают в своих протоколах, что концентрация вируса зависит от ткани, которую берут для анализа, метеорологических условий, а также от времени года. Все эти факторы должны учитываться для получения достоверных результатов. В своих протоколах фирма дает рекомендации по срокам тестирования: для *Nepovirus* (GFLV, TRSV, ToRSV) предлагают отбирать молодые листья или побеги в период активного роста, флэму из созревших побегов – в период покоя, для *Ampelo-*, *Clostero-*, *Viti-* и *Maculavirus* (GLRaV-1, GLRaV-2, GLRaV-3, GVA, GFkV) – флэма в период покоя растений или хорошо развитые зрелые листья, особенно жилки и черешок, с нижней части растения осенью. Однако уточняют, что данные условия и сроки оптимальны для Швейцарии и близлежащих ее областей.

Диагностика сокопереносимых вирусных патогенов в насаждениях винограда методом иммуноферментного анализа (ELISA-тест). В отделе биотехнологии проводили ретестирование маточника сортов винограда с закрытой корневой системой (Nuclear stock collection Virus free), заложенного в 2019 г., и коллекционных растений в конце апреля 2023 г. (27.04). Маточник и коллекция располагаются в условиях теплицы, где в зимнее время поддерживается температура +8 °С. Фитосанитарное обследование сортов винограда в коллекционном насаждении отдела селекции плодовых культур РУП «Институт плодоводства» выполняли в середине июня 2023 г. (16.06). Повторный отбор материала (черешки листьев и флэма) в обоих отделах для проведения ПЦР осуществляли в период покоя растений (17.10.2023).

Отбор образцов (листья, черешки, одревесневшие черенки) проводили с визуально здоровых растений, без симптомов вирусов, подлежащих контролю в соответствии с нормативными документами ЕРРО. Каждый образец помещали в отдельный пакет с указанием квартала, ряда и места растения. Объем образца – не менее 15 г, 6–8 листьев с разных сторон растения. Образцы собирали утром за день до тестирования, хранили их 1 день при температуре +4 °С.

Для проведения иммуноферментного анализа использовали диагностические наборы фирмы Sediag (Франция) (GLRaV-1, GLRaV-2, GVA, GFLV), BIOREBA (Швейцария) (GLRaV-3, GFkV, TRSV, ToRSV) и Agdia (США) (PRMV). Анализ выполняли в соответствии с методическими указаниями фирмы производителя.

Считывание и регистрацию результатов проводили через 30 и 60 минут после инкубирования на автоматическом ридере iMark (Bio-Rad, США) при длине волны 405 нм (A_{405}). Сравнивали показатели оптической плотности анализируемых образцов (A_0) с показателями оптической плотности отрицательного контроля (A_k). Образцы считали положительными, если отношение $A_0 / A_k \geq 2$, отрицательными – $A_0 / A_k < 1,5$, сомнительными – $A_0 / A_k = 1,5-1,9$. Для каждой отдельной микроплаты использовали свой положительный и отрицательный контроль.

Диагностика сокопереносимых вирусных патогенов в насаждениях винограда с помощью ПЦР-теста. Материал для проведения анализов на наличие сокопереносимых вирусов собран в середине октября в период ухода растений на покой. В качестве растительного образца с каждого растения были взяты по два черенка (выделяли флэму) и по три листовых черешка.

Выделение РНК осуществляли набором реагентов для выделения нуклеиновых кислот «АртСпинВет» согласно протоколу производителя ООО «АртБиоТех» (Беларусь). Навеска растительного материала (флэма и черешок листа) составляла 100 мг. Измерение концентрации РНК в полученном образце проводили с помощью спектрофотометра NanoPhotometer (Implen, Германия). Полученные образцы РНК хранили при температуре –20 °С. Амплификацию осуществляли с использованием набора реагентов ревертазы – комплект ArtMix-RT (ООО «АртБиоТех», Беларусь).

Для диагностики GLRaV-3 и GFkV ПЦР-реакцию с праймерами и TaqMan-зондами, разработанными для изолятов, выделенных из сортов винограда, произрастающих в районе Пьемонт (Италия) (табл. 1) [14], выполняли на амплификаторе CFX96 (Bio-Rad, США) при следующих заданных параметрах: 52 °C – 35 мин, 95 °C – 2 мин (1 цикл); 95 °C – 10 с, 52 °C – 1 мин (45 циклов); 10 °C – 4 мин.

Таблица 1. Праймеры для диагностики GLRaV-3 и GFkV методом real-time PCR

Название вируса	Название олигонуклеотида	Последовательность олигонуклеотида, 5'→3'	Размер фрагмента (п. н.)	Целевой ген
GLRaV-3	V3Ppoly36F	ggcggaggtgacggaaa	67	РНК-зависимая РНК-полимераза
	V3Ppoly84R	ccctttgtccaaccaatct		
	V3Ppoly54P	FAM-ccattgtccagcaacgcgacgt-BHQ1		
GFkV	GFkVPrep220F	acgtgaagaccaacgtcgaat	56	РНК-зависимая РНК-полимераза
	GFkVPrep261R	cggtgatgcgcatgca		
	GFkVPrep230P	FAM-ccaattggccctctc-BHQ1		

Для идентификации GFkV ПЦР-реакцию с праймерами к белку оболочки вируса (табл. 2) [15] проводили на амплификаторе C1000 Touch (Bio-Rad, США) при следующих заданных параметрах: 52 °C – 35 мин, 95 °C – 2 мин (1 цикл); 95 °C – 10 с, 56 °C – 45 с, 72 °C – 20 с (35 циклов); 72 °C – 10 мин. Продукты амплификации разделяли при помощи электрофореза в 1%-ном агарозном геле и 1× ТАЕ-буфере (Bio-Rad, США). Результаты электрофореза документировали при помощи трансиллюминатора Gel DocTM EQ System (Bio-Rad, США).

Таблица 2. Праймеры для диагностики GFkV с помощью RT-PCR

Название вируса	Название олигонуклеотида	Последовательность олигонуклеотида, 5'→3'	Размер фрагмента (п. н.)	Целевой ген
GFkV	GFkVF	tgaccagcctgtgtctcteta	179	Белок оболочки
	GFkVR	tggacagggaggtgtaggag		

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Тестирование маточных и коллекционных растений в отделе биотехнологии в условиях теплицы. Протестировали 59 растений отдела биотехнологии, включающие в себя маточные и коллекционные растения 23 сортов (табл. 3). В ходе анализа полученных данных отмечено, что оптическая плотность образцов, взятых с маточных растений с закрытой корневой системой, не превышала значений оптической плотности отрицательных контролей в два раза и более всех изучаемых вирусов. Это свидетельствует о том, что в маточных насаждениях районированных и перспективных сортов винограда основных и карантинных сокопереносимых вирусов винограда (GFLV, GLRaV-1, GLRaV-2, GLRaV-3, GVA, GFkV, TRSV, ToRSV, PRMV) не обнаружено.

Таким образом, протестированные растения технических сортов рекомендуются для дальнейшего использования как маточные растения для производства сертифицированного посадочного материала: Regent (1 шт.), Marquette (2), Nero (3), Solaris (3), Платовский (1), Зилга (2), Bianca (1), Crystall (2), Chardonnay (3), Marechal Foch (3 шт.).

Отсутствие GLRaV-3 в некоторых растениях (Regent, Bianca, Августа и Виноград А) достоверно подтвердить не удалось (табл. 3). Болезнь скручивания листьев виноградной лозы (GLD) является одним из наиболее серьезных вирусных заболеваний, встречающихся во всех винодельческих районах мира. Основной вектор переноса вируса – передача на большие расстояния с посадочным материалом. Растения – хозяева вируса в дикой природе не установлены. GLRaV-1, GLRaV-3, GLRaV-4 переносится некоторыми червецами (*Pseudococcus maritimus*) и видами полужесткокрылых насекомых (*Hemiptera: Coccidae*) [16]. В Европе скручивание листьев винограда по вредности стоит на втором месте после короткоузлие, а в США, Австралии и Новой Зеландии – является наиболее вредоносным заболеванием [16]. Болезнь сокращает урожай на

10–40 %, снижает размер гроздей и число их на куст и приводит к постепенному уменьшению размера куста. Плоды с пораженных кустов содержат меньше сахара на 25–50 %. Пониженное содержание сахара задерживает наступление съемной зрелости и сбор урожая, что, в свою очередь, уменьшает ценность столовых сортов, предназначенных для сбыта в свежем виде [17]. GLRaV-3 ведет к снижению содержания фотосинтетических пигментов, нитрат-редуктазы, фотосинтетической активности и белков в мембранах тилакоид, что вызывает уменьшение вегетативной и генеративной продуктивности растений [18].

Таблица 3. Результаты тестирования методом ELISA-теста маточных и коллекционных растений винограда в отделе биотехнологии в период их активного роста в условиях теплицы

Сорт	Количество протестированных растений, шт.	Количество инфицированных растений, шт. / Доля растений, инфицированных вирусами, %								
		GFkV	GLRaV-1	GLRaV-2	GLRaV-3	GVA	GFLV	PRMV	ToRSV	TRSV
Маточные растения (Nuclear stock collection Virus free)										
Regent	3	2/66,7	0	0	2/66,7	0	0	0	0	0
Таежный изумруд	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Кишмиш 22-16-6-3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crystall	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solaris	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Зилга	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chardonnay	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marechal Foch	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nero	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Платовский	3	2/66,7	0	0	0	0	0	0	0	0
Илья	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bianca	6	0	0	0	1/16,7	0	0	0	0	0
Mars	3	0	0	0	–	0	0	0	0	0
Августа	4	1/25,0	0	0	1/25,0	0	0	0	0	0
Агат донской	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marquette	3	1/33,3	0	0	0	0	0	0	0	0
Коллекционные растения										
Мадраса (Mədrəsə)	1	0	0	0	1/100,0	0	0	0	0	0
Garganega	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Кишмиш Хишрау	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Кишмиш Иртышар	2	0	0	0	0	0	1/50,0	0	0	0
Виноград А	1	0	0	0	1/100,0	0	0	0	0	0
Красотка	1	1/33,3	0	0	0	0	0	0	0	0
Антрацит (Чарли)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Всего	59	7/11,3	0	0	6/9,7	0	1/1,6	0	0	0

Примечание. Выделенная ячейка означает, что невозможно дать однозначный ответ.

Болезнь уменьшает интенсивность пигментации плодов красных сортов винограда, снижает морозоустойчивость зараженных кустов, что является одной из важных характеристик растений в районах северного виноградарства, к которым относится и Беларусь.

В связи с тем, что после проведения ELISA-теста нельзя было однозначно судить о наличии GLRaV-3 в образцах, взятых из растений Regent, Bianca, Винограда А и Августа, провели дополнительную диагностику с помощью real-time PCR. Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии вируса в образцах (табл. 4).

В растительном материале сорта Мадраса (Mədrəsə), привезенном из Азербайджана, методом ELISA-теста диагностирован GLRaV-3 ($A_0 / A_k - 2,22$), что было подтверждено с помощью real-time PCR в период покоя растений.

В растительном материале сорта Кишмиш Иртышар, привезенном из Таджикистана, диагностирован GFLV. Короткоузлие наносит виноградарству значительный экономический ущерб.

Снижение урожайности кустов достигает 90–95 %, пораженный виноград вырождается. Болезнь уменьшает укоренение черенков и приживаемость саженцев. Особенно велика вредоносность короткоузлия в областях, сильно заселенных популяциями нематоды *Xiphinema index*, где преобладает монокультура винограда, так как основной вектор переноса вируса – нематоды *Xiphinema index* и *X. italiae* [7, 16]. Передача вируса на большие расстояния проходит с посадочным материалом [16].

Наиболее распространенным вирусом являлся GFkV, который диагностирован методом ELISA-теста у сортов Regent, Августа, Платовский, Bianca, Marquette, Красотка. Доля инфицированных растений составила 11,3 % (табл. 3). Основным вектор переноса GFkV не установлен, но передается данный вирус при черенковании и прививке. Для распространения вируса по растению необходимо не менее 12 месяцев с момента заражения, что следует учитывать при тестировании. Наиболее часто данное вирусное заболевание у различных видов и гибридов *Vitis* протекает бессимптомно, что является дополнительным фактором распространения вируса на чувствительные сорта, так как бессимптомные растения могут быть резервуарами GFkV. В связи с этим особую значимость приобретает точная диагностика GFkV в посадочном материале с использованием лабораторных методов, позволяющих определять даже очень низкий титр вируса в растении [19].

Диагностика вируса GFkV с помощью RT-PCR и real-time PCR у образцов Regent, Августа, Bianca, Marquette и Chardonnay показала неоднозначные результаты, которые были противоположными в пределах одного растения: во флоэме вирусные частицы определены, в черешке листа они отсутствуют (Regent, Bianca) или, наоборот, во флоэме отсутствуют, в черешке определены (Августа, Maequette, Chardonnay). Хотя показатели оптической плотности ELISA-теста образца, выделенного из растения, были в несколько раз выше отрицательного контроля и варьировали от 2,68 до 14,4. У одного растения Regent GFkV, идентифицированный с помощью ELISA-теста ($A_0 / A_k - 19,6$), подтвердился только RT-PCR, real-time PCR показал отсутствие вирусных частиц в исследуемых частях растения. Вероятно, в изоляционных условиях теплицы необходим дальнейший ряд исследований по определению оптимальных абиотических условий для диагностики вирусов винограда (табл. 4).

Тестирование коллекции винограда в отделе селекции. В ходе фитосанитарного мониторинга насаждений в полевых условиях протестировано 26 сортов и гибридов в общем количестве 81 растения, которые планировали переводить в маточные растения для включения их в производство сертифицированного посадочного материала (табл. 5).

С помощью ELISA-теста GFkV диагностирован у 23,5 % протестированных растений, среди которых сорта Bianca, Regent, Crystall, Красотка и гибриды 2-15, 56-8. При этом все растения гибрида 2-15 и сорта Красотка, включенные в тестирование, содержали GFkV, в результате чего не удалось выделить растения в категорию «оригинальные растения» (табл. 5).

Диагностика растений методом real-time PCR в период покоя растений подтвердила наличие GFkV в соке всех ранее тестируемых растений как во флоэме, так и в черешке листа сортов винограда в коллекционном саду отдела селекции плодовых культур (табл. 6). В растении сорта Платовский весной с помощью ELISA-теста GFkV не идентифицирован ($A_0 / A_k - 1,23$), в период покоя с помощью real-time PCR вирус установлен на 26,86 цикла во флоэме и на 29,03 цикла в черешке листовой пластины.

Гибрид 52-18, у которого во флоэме идентифицирован GFkV на 38,93 цикла real-time PCR (данный гибрид не тестировали с помощью ELISA), будет ретестирован с помощью ELISA-теста и real-time PCR в период покоя.

Также для небольшой выборки растений была проведена диагностика методом RT-PCR для идентификации GFkV и сравнения результатов, полученных разными методами (табл. 7).

Анализ данных показал неоднозначность полученных результатов. В связи с этим будут проведены дальнейшие исследования: тестирование различных тканей образцов, определение оптимальных методов и сроков диагностики.

Таблица 4. Сравнительный анализ результатов тестирования маточных и коллекционных растений винограда методами ELISA-теста (в период активного роста) и ПЦР (в период ухода растений на покой) в условиях теплицы

Сорт	№ образца	ELISA (A_0/A_K)		Объект тестирования	PCR		
		GFkV	GLRaV-3		GFkV		GLRaV-3
					real-time PCR	RT-PCR	
Regent	1	14,4	1,4	Флоэма	+	+	–
				Черешок	–	–	–
	2	19,06	1,39	Флоэма	–	+	–
				Черешок	–	+	–
Августа	3	4,13	1,41	Флоэма	–	–	–
				Черешок	+	+	–
Платовский	4	3,01	–	Флоэма	+	н/т	н/т
				Черешок	+	н/т	н/т
	5	2,08	–	Флоэма	+	н/т	н/т
				Черешок	+	н/т	н/т
Bianca	6	22,54	–	Флоэма	+	н/т	н/т
				Черешок	+	н/т	н/т
	7	13,28	–	Флоэма	+	н/т	н/т
				Черешок	+	н/т	н/т
	8	10,57	1,36	Флоэма	+	+	–
				Черешок	–	–	–
	9	9,34	–	Флоэма	+	н/т	н/т
				Черешок	+	н/т	н/т
	10	15,57	–	Флоэма	+	н/т	н/т
				Черешок	+	н/т	н/т
Marquette	11	2,68	–	Флоэма	–	–	н/т
				Черешок	+	–	н/т
Кишмиш Хишрау	12	–	–	Флоэма	–	–	н/т
				Черешок	+	+	н/т
Chardonnay	13	–	–	Флоэма	–	–	н/т
				Черешок	+	–	н/т
Мадраса (Madrāsə)	14	–	2,22	Флоэма	–	–	+
				Черешок	–	–	+
Виноград А	15	–	1,6	Флоэма	–	–	–
				Черешок	–	–	–
Красотка	16	3,5	–	Флоэма	+	н/т	н/т
				Черешок	+	н/т	н/т

Примечание. Обозначения: «–» – отрицательный образец, «+» – положительный образец, н/т – не тестировались.

Таблица 5. Результаты тестирования коллекционных растений винограда в отделе селекции плодовых культур методом ELISA-теста

Сорт/гибрид	Количество протестированных растений, шт.	GFkV	GLRaV-1	GLRaV-2	GLRaV-3	GVA	GFLV	ToRSV	TRSV	PRMV
		Количество инфицированных растений, шт. / Доля растений, инфицированных вирусами, %								
Агат донской	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bianca	8	2/25,0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marquette	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Зилга	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Платовский	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solaris	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Красотка	6	5/100,0	0	0	0	0	0	0	0	0

Сорт/гибрид	Количество протестированных растений, шт.	GfKV	GLRaV-1	GLRaV-2	GLRaV-3	GVA	GFLV	ToRSV	TRSV	PRMV
		Количество инфицированных растений, шт. / Доля растений, инфицированных вирусами, %								
Scandia	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Turan (Agria)	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K-784	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frontenac Gris	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rosina	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-15	5	5/100,0	0	0	0	0	0	0	0	0
89-3 (Нина)	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Юпитер	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Цветочный	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56-7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56-8	1	1/100,0	0	0	0	0	0	0	0	0
56-9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Leon Millot	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-16	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Regent	8	4/50,0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crystall	3	1/33,0	0	0	0	0	0	0	0	0
Антек	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Антрацит (Чарли)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Всего	81	19/23,5	0							

Таблица 6. Сравнительный анализ результатов тестирования коллекционных образцов винограда методами ELISA-теста (в период активного роста) и real-time PCR (в период покоя растений) для идентификации GfKV в отделе селекции плодовых культур

Сорт/гибрид	№ образца	ELISA (A_0 / A_n)	PCR	
			Объект тестирования	real-time PCR (Cq)
Bianca	1	1,82	Флоэма	+
			Черешок	+
	2	11,1*	Флоэма	+
			Черешок	+
	3	1,77	Флоэма	+
			Черешок	+
	4	0,98	Флоэма	+(38,35)
			Черешок	+(39,71)
Crystall	1	5,9*	Флоэма	+
			Черешок	+
	2	1,89	Флоэма	+
			Черешок	+
	3	15,3*	Флоэма	+
			Черешок	+
	4	3,0*	Флоэма	+
			Черешок	+
2-15	1	7,31	Флоэма	+
			Черешок	+
	2	3,15	Флоэма	-
			Черешок	-
	3	9,95	Флоэма	+
			Черешок	+
	4	3,37	Флоэма	+
			Черешок	+

Сорт/гибрид	№ образца	ELISA (A_o / A_k)	PCR	
			Объект тестирования	real-time PCR (Cq)
2-15	5	13,03	Флоэма	+
			Черешок	+
56-7 (контроль)	1	1,04	Флоэма	–
			Черешок	–
56-8	1	3,95	Флоэма	+
			Черешок	+
52-18	1	н/т	Флоэма	+(38,93)
			Черешок	–
Regent	1	5,89	Флоэма	+
			Черешок	+
	2	6,44	Флоэма	+
			Черешок	+
	3	7,51	Флоэма	+
			Черешок	+
	4	4,35	Флоэма	+
			Черешок	+
Платовский	1	1,23	Флоэма	+(26,86)
			Черешок	+(29,03)
	2	2,12*	Флоэма	+
			Черешок	+
Юпитер	1	22,9	Флоэма	–
			Черешок	+(34,08)
Красотка	1	6,57	Флоэма	+
			Черешок	+
	2	6,8	Флоэма	+
			Черешок	+
	3	6,46	Флоэма	+
			Черешок	+
	4	4,17	Флоэма	+
			Черешок	+
	5	25,51	Флоэма	+
			Черешок	+

* Результаты тестирования от 11.06.2012.

Таблица 7. Сравнительный анализ результатов тестирования коллекционных образцов винограда методами ELISA-теста (в период активного роста), real-time PCR (в период покоя растений) и RT-PCR для идентификации GFkV в отделе селекции плодовых культур

Сорт/гибрид	ELISA (A_o / A_k)	Объект тестирования	PCR	
			real-time PCR (Cq)	RT-PCR
56-7	1,04	Флоэма	–	–
		Черешок	–	–
52-18	19,06	Флоэма	+(38,93)	–
		Черешок	–	–
2-15	3,15	Флоэма	–	+
		Черешок	–	+
Юпитер	22,9	Флоэма	–	+
		Черешок	–	+
Bianca	0,98	Флоэма	+(38,35)	–
		Черешок	+(39,71)	–

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ретестирование растений маточника, свободного от сокопереносимых вирусов винограда, с закрытой корневой системой (Nuclear stock collection Virus free) в период активного роста, содержащихся в условиях теплицы в отделе биотехнологии, с помощью ELISA-теста подтвердило отсутствие в них основных и карантинных сокопереносимых вирусов (GFLV, GLRaV-1, GLRaV-2, GLRaV-3, GVA, GFkV, TRSV, ToRSV, PRMV). Данный маточник рекомендовано использовать для получения сертифицированного посадочного материала.

По результатам ELISA-теста нельзя было однозначно судить о наличии GLRaV-3 в образцах, взятых из растений сорта Regent, Bianca, Виноград А и Августа, в связи с этим было проведено дополнительное тестирование с помощью real-time PCR и установлено отсутствие вируса в данных растениях.

Идентификация GFkV с помощью RT-PCR и real-time PCR у образцов Regent, Bianca, Августа и Marquette в период покоя растений в условиях теплицы показала неоднозначные результаты: в различных частях одного растения, из которого выделяли РНК, результаты диагностики были диаметрально противоположными.

GFLV и GLRaV-3 были идентифицированы в материале, привезенном из Таджикистана и Азербайджана.

В отделе селекции плодовых культур в коллекционном насаждении винограда распространенным вирусом являлся GFkV, отмеченный у 23,5 % растений от всех протестированных, среди которых сорта Bianca, Regent, Crystall, Красотка и гибриды 2-15, 56-8. Диагностика растений в период покоя с помощью real-time PCR с использованием праймеров, разработанных на основе изолятов Пьемонта (северо-западная Италия), подтвердила наличие GFkV как во флоэме, так и в черешке листа растения винограда. Исключения в ходе real-time PCR составили гибрид 52-18, у которого во флоэме был детектирован GFkV только к 40 циклу ($C_q - 38,93$), а в тканях черешка листа вирус не идентифицирован, и Юпитер ($A_o / A_k - 22,9$), у которого во флоэме вирус не идентифицирован, в черешке – идентифицирован ($C_q - 34,08$).

В образцах сортов Платовский и Bianca при диагностике с помощью real-time PCR во всех изучаемых тканях идентифицированы вирусные частицы к 30 и 40 циклу в зависимости от сорта, в то время как согласно ELISA-тесту вирус отсутствовал ($A_o / A_k - 1,23$ и $0,98$ соответственно).

Таким образом, растения, результаты тестирования для которых невозможно интерпретировать однозначно, будут включены в дальнейшие исследования с целью уточнения их фитосанитарного статуса. Для получения надежных результатов тестирования в условиях Беларуси необходимы исследования по определению оптимальных сроков для проведения диагностики винограда на сокопереносимые и карантинные вирусы, зависящие от абиотических условий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Credi, R. Effects of virus and virus-like infection on the growth of grapevine rootstocks / R. Credi, A. R. Babini // *Advances in Horticultural Sci.* – 1996. – Vol. 10, № 2. – P. 95–98.
2. Молекулярная диагностика бактериальных и вирусных фитопатогенов винограда, актуальных для сельского хозяйства Крыма / Е. В. Поротикова [и др.] // *Магарач. Виноградарство и виноделие.* – 2015. – № 3. – С. 19.
3. Выявление вирусных инфекций винограда в Республике Крым / Г. Н. Бондаренко [и др.] // *Магарач. Виноградарство и виноделие.* – 2022. – Т. 24, № 1 (119). – С. 48–54.
4. Grapevine viruses: molecular biology, diagnostics and management / ed.: B. Meng [et al.]. – Heidelberg : Springer, 2017. – 698 p.
5. Detection of Grapevine leafroll-associated virus 7 using real time qRT-PCR and conventional RT-PCR / M. Al Rwahnih [et al.] // *J. of Virological Methods.* – 2012. – Vol. 179, № 2. – P. 383–389.
6. Вердеревская, Т. Д. Вирусные и микоплазменные заболевания плодовых культур и винограда / Т. Д. Вердеревская, В. Г. Маринеску ; отв. ред. Г. А. Патерило. – Кишинев : Штиинца, 1985. – 311 с.
7. Detection of plant viruses – biotechnological and molecular advances / J. A. Khan [et al.] // *Ind. J. of Experimental Biology.* – 1998. – Vol. 36, № 6. – P. 546–552.
8. Advances in molecular phytodiagnostics – new solutions for old problems / R. Mumford [et al.] // *Europ. J. of Plant Pathology.* – 2006. – Vol. 116, № 1. – P. 1–19.
9. Pathogen-tested material of grapevine varieties and rootstocks. Certification scheme : schemes for the production of healthy plants for planting : EPPO Standards PM 4/8 (2) / Europ. a. Mediterranean Plant Protection Organization // *Bull. OEPP/EPPO.* – 2008. – Vol. 38. – P. 422–429.

10. Об утверждении Единых карантинных фитосанитарных требований, предъявляемых к подкарантинной продукции и подкарантинным объектам на таможенной границе и на таможенной территории Евразийского экономического союза [Электронный ресурс] : решение Совета Евраз. эконом. комис., 30 нояб. 2016 г., № 157 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=F91600443>. – Дата доступа: 19.02.2024.

11. Об утверждении Единых карантинных фитосанитарных требований, предъявляемых к подкарантинной продукции и подкарантинным объектам на таможенной границе и на таможенной территории Евразийского экономического союза [Электронный ресурс] : решение Совета Евраз. эконом. комис., 15 февр. 2023 г., № 21. – Режим доступа: <https://ggiskzr.by/doc/quarantine/> – Дата доступа: 20.03.2024.

12. Krasinskaya, T. Grape viruses in Belarus / T. Krasinskaya, E. Kolbanova // Acta Horticulturae. – 2017. – № 1188. – P. 307–312. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1188.40>

13. Кухарчик, Н. В. Вирусные заболевания винограда в Беларуси / Н. В. Кухарчик // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 3 (112). – С. 11–13.

14. Quantitation of Grapevine leafroll associated virus-1 and -3, Grapevine virus A, Grapevine fanleaf virus and Grapevine fleck virus in field-collected *Vitis vinifera* L. ‘Nebbiolo’ by real-time reverse transcription-PCR / D. Pacifico [et al.] // J. of Virological Methods. – 2011. – № 172 (1–2). – P. 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2010.12.002>

15. Gambino, G. Simultaneous detection of nine grapevine viruses by multiplex reverse transcription-polymerase chain reaction with coamplification of a plant RNA as internal control / G. Gambino, I. Gribaudo // Phytopathology. – 2006. – № 96 (11). – P. 1223–1229. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-1223>

16. Fuchs, M. Grapevine viruses: a multitude of diverse species with simple but overall poorly adopted management solutions in the vineyard / M. Fuchs // J. of Plant Pathology. – 2020. – № 102. – P. 643–653. <https://doi.org/10.1007/s42161-020-00579-2>

17. Influence of grapevine leafroll associated viruses (GLRaV-2 and -3) on the fruit composition of Oregon *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir: free amino acids, sugars, and organic acids / J. Lee [et al.] // Food Chemistry. – 2009. – Vol. 117, № 1. – P. 99–105.

18. Bertamini, M. Effect of grapevine leafroll on the photosynthesis of field grown grapevine plants (*Vitis vinifera* L. cv. Lagrein) / M. Bertamini, K. Muthuchelian, N. Nedunchezian // J. of Phytopathology. – 2004. – Vol. 152, № 3. – P. 145–152.

19. Набор синтетических олигонуклеотидов для выявления вируса крапчатости винограда (Grapevine fleck virus) : пат. RU 2644244 / Е. В. Поротикова, А. М. Камионская, С. В. Виноградова. – Опубл. 08.02.2018.

PHYTOSANITARY MONITORING OF MOTHER AND COLLECTION PLANTATIONS OF GRAPE VARIETIES AND HYBRIDS

T. A. KRASINSKAYA, T. N. BOZHIDAI

Abstract

The grape plantations of the RUE ‘Institute of Fruit Growing’ were monitored for the presence of major and quarantine sap-transmissible viruses. 23 varieties were tested in the Department of Biotechnology and 26 varieties and hybrids of Belarusian selection were assessed in the Fruit Plants Breeding Department. In the grape collection plantations, the most commonly identified virus was GFkV, present in 23.5 % of all plants tested, including that of the Bianca, Regent, Crystall, Krasotka varieties and hybrids 2-15, 56-8. Diagnosis of plants during their dormancy period with the use of real-time PCR confirmed the presence of GFkV both in the phloem and in the leaf petiole of the grape plant.

The exceptions during real-time PCR-testing were the hybrid 52-18, in which GFkV was detected in the phloem only up to the 40th cycle ($C_q - 38.93$), and in the tissues of the leaf petiole the virus was not identified at all, and the Jupiter ($A_x/A_c - 22.9$), in which the virus was not identified in the phloem, but was identified in the petiole ($C_q - 34.08$). In tissue samples of the Platovsky and Bianca varieties, when diagnosed using real-time PCR, viral particles were identified in all tissues examined at cycle 30 and 40, depending on the variety, while according to the ELISA test, the virus was absent ($A_x/A_c - 1.23$ and 0.98 respectively).

Repeated ELISA testing of virus-free mother plants with a closed root system, kept under greenhouse conditions, during the period of active growth, confirmed the virus-free status.

Keywords: viticulture in Belarus, GFkV, grape viruses, spread of viruses.

Поступила в редакцию 26.04.2024

СЕЛЕКЦИЙНАЯ КАШТОЎНАСЦЬ СЕЯНЦАЎ ФУНДУКУ АД СВАБОДНАГА АПЫЛЬВАННЯ СОРТУ КАТАЛОНСКИЙ

В. В. ВАСЕХА, К. А. ЧАРНАВОКАЯ, М. М. БАРЫСЕНКА

РУП «Інстытут пладаводства»,
вул. Кавалёва, 2, аг. Самахвалавічы, Мінскі раён, 223013, Беларусь,
e-mail: witalij_waseha@tut.by

АНАТАЦЫЯ

У артыкуле прыводзяцца вынікі ацэнкі гаспадарчай каштоўнасці гібрыднага фонду, атрыманага ад свабоднага апыльвання заходнееўрапейскага сорту Каталонский ва ўмовах селекцыйнага саду. Пацверджана высокая гетэразіготнасць зыходнай мацярынскай формы па даследаваных селекцыйных прыкметах. Паказана магчымасць атрымання ў першым пакаленні трансгрэсіўных формаў адносна сорту Каталонский па такіх параметрах, як сярэдняя маса арэха (эмпірычнае расшчапленне 1 : 4 : 4), таўшчыня шкарлупіны (1 : 3), выхад ядра (7 : 1 : 6). Генатыпаў з больш раннім тэрмінам уступлення ў перыяд плоданашэння і з большым узроўнем зімаўстойлівасці ў параўнанні з сортам Каталонский атрымана не было. Для далейшай селекцыйнай працы ў якасці новага зыходнага матэрыялу з комплексам асноўных гаспадарча карысных прыкмет выдзелены чатыры гібрыды – 15-9/20, 15-9/41, 15-9/48, 15-9/50.

Ключавыя словы: фундук, селекцыя, зімаўстойлівасць, адбор, маса арэха, таўшчыня шкарлупіны, выхад ядра, Беларусь.

УВОДЗІНЫ

Фундук (*Corylus L.*) – гэта адна з найбольш важных арэхаплодных культур і алейных раслін, якая мае высокую эканамічную і харчовую каштоўнасць. Прадстаўнікі роду *Corylus* шырока распаўсюджаны ва ўмераных рэгіёнах паўночнага паўшар'я. Лясны арэх еўрапейскі *C. avellana* з улікам гібрыдных формаў, атрыманых на яго аснове, з'яўляецца галоўным камерцыйным відам [1]. Сусветная вытворчасць фундуку няўхільна расце на працягу апошніх дзесяцігоддзяў і па стане на 2021 г. дасягнула 1,2 млн т арэхаў у шкарлупіне. З мэтай стварэння новых прамысловых садоў арэхаплодных культур у цяперашні час у цэлым шэрагу краін выдзеляюцца даследаванні, накіраваныя на ацэнку адаптыўнасці сартоў фундуку да новых зон вырошчвання [2–4].

Адным з механізмаў пашырэння арэалу распаўсюджвання фундуку з'яўляецца вывядзенне новых сартоў з высокай экалагічнай пластычнасцю. Сучасныя падыходы і сістэматызацыя атрыманай інфармацыі з вядучых селекцэнтраў дазваляюць сцвярджаць, што на атрыманне сорту і яго размнажэнне з наступнай ацэнкай у прамысловым садзе спатрэбіцца як мінімум 17 гадоў [5]. У кожным рэгіёне вырошчвання культуры ў селекцыйныя праграмы закладваюцца задачы, накіраваныя на дасягненне як агульных параметраў для арэхаў, звязаных з камерцыйнай прывабнасцю і якасцю прадукцыі, так і спецыфічныя – для лакальнага вырошчвання ва ўмовах рызыкі інфіцыравання той ці іншай хваробай або перыядычнага ўздзеяння нейкага негатыўнага кліматычнага фактару. Для пашырэння генетычнай базы ў селекцыі фундуку выкарыстоўваецца не толькі інтрадукцыя, але і шырока прадстаўлены пасеў арэхаў з розных геаграфічных частак арэала распаўсюджвання віду *C. avellana*, што дазваляе рабіць адборы і ствараць новы зыходны матэрыял [6, 7].

Вынікі навуковых даследаванняў апошніх гадоў паказалі, што ў Беларусі ёсць магчымасці вырошчваць такую сельскагаспадарчую культуру, як фундук не толькі на аматарскім узроўні на прысядзібных участках садаводаў, але і ў прамысловых садах. Пошук крыніц гаспадарча карысных прыкмет і стварэнне новага зыходнага матэрыялу з'яўляецца прыярытэтным напрамкам беларускай селекцыі фундуку на сучасным этапе. Селекцыйная праца галоўным чынам накіравана на выдзяленне новых сартоў ранняга і сярэдняга тэрміну паспявання з высокім узроўнем прадукцыйнасці, зімаўстойлівасцю генератыўных пупышак, што ў спалучэнні з прывабным знешнім відам арэхаў забяспечыць высокую канкурэнтаздольнасць прадукцыі [8, 9].

АБ'ЕКТЫ І ЎМОВЫ ДАСЛЕДАВАННЯЎ

Даследаванні праводзілі ў садзе 2018 году пасадкі на працягу 2021–2023 гг. Схема размяшчэння дрэў – 4×2 м, фарміраванне раслін – штамбавае дрэва, утрыманне міжраддзяў – натуральны газон. Глеба на ўчастку дзярнова-падзолістая, сярэднепадзоленая, якая развіваецца на магутных лёсападобных суглінках. На працягу сезона выконвалі ахоўныя мерапрыемствы супраць шкоднікаў, хвароб і пустазелля.

Аб'ектам даследавання з'яўляліся 42 гібрыды, атрыманыя ад свабоднага апыльвання заходне-ірапейскага сорту Каталонский.

Сорт Каталонский (сінонім – Luiza) – старадаўні іспанскі сорт, які атрымаў шырокае распаўсюджанне ў прамысловых садах фундуку ў краінах з умераным кліматам. З 2019 г. сорт раяніраваны ў Беларусі і ўключаны ў дзяржаўны рэестр сартоў сельскагаспадарчых раслін. У суровыя зімы можа атрымліваць пашкоджанні галоўным чынам на шматгадовай драўніне і кары, характарызуецца добрай рэгенератыўнай здольнасцю. Сярэдняя маса арэха – 3,1 г, таўшчыня шкарлупіны – 1,70 мм, выхад ядра – 43,5 %.

Улікі і назіранні праводзілі згодна з «Генетычнымі асновамі і методикой селекцыі плодовых культур і вінограда» (Мінск, 2019) і «Програмай і методикой сортоизучения плодовых, ягодных і орехоплодных культур» (Орел, 1999) [10, 11]. 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 гг. 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 фенолагічных фаз і перш за ўсё на цвіценне.

Вегетацыйны перыяд 2023 г. таксама меў шэраг асаблівасцей, якія істотна адбіліся на фенологіі і развіцці раслін фундуку. На пачатку сакавіка сярэднясутачная тэмпература паветра знаходзілася ў межах кліматычнай нормы, а пачынаючы з другой дэкады ўжо пераважна ўсталявалася тэмпература на $2-4$ °С больш, чым па даных 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. Такі халадавы стрэс дазволіў даць ацэнку талерантнасці даследуемых генатыпаў да вясновых прымаразкаў падчас цвіцення.

Важна адзначыць, што пачынаючы з другой дэкады красавіка і па першую дэкаду чэрвеня колькасць ападкаў не перавысіла 1,5 мм, а сума эфектыўных тэмператур вышэй за $+5$ °С ад пачатку перыяду вегетацыі склала 625 °С, што на 33 °С вышэй за паказчык кліматычнай нормы. Працягласць перыяду без істотных ападкаў склала 63 дні, з іх на працягу 33 дзён стан глебы характарызаваўся як слабаўвільготнены. Зафіксаваны значны дэфіцыт вільгаці ў спалучэнні са спякотным надвор'ем адмоўна адбіліся на сярэдняй масе арэхаў і выхадзе ядра ў сезоне 2023 г.

ВЫНІКІ ДАСЛЕДАВАННЯЎ І ІХ АБМЕРКАВАННЕ

Выкарыстанне насеннага размнажэння ў селекцыйных мэтах за кошт высокай гетэразіготнасці ў фундуку як культуры дазваляе даследчыку выдзяляць генатыпы з неабходнымі гаспадарча карыснымі прыкметамі. Аналіз па фенотыпу гібрыднага патомства з папуляцыі Каталонский св. ап. паказаў, што біялагічныя і гаспадарчыя характарыстыкі атрыманых сеянцаў ад свабоднага апыльвання вар'іравалі ў даволі шырокіх межах (гл. табліцу).

**Размеркаванне гібрыднага патомства з папуляцыі Каталонскі св. ап.
па асноўных гаспадарча карысных прыкметах, 2021–2023 гг.**

Гаспадарча карысныя прыкметы		Размеркаванне гібрыднага патомства, %	Сярэдняе значэнне паказчыка		Эмпірычнае расшчапленне
			гібрыднае патомства	мацярынская форма	
Працягласць ювенільнага перыяду, г.	5–6	0	8,3	7,0	1:1
	7–8	59			
	9 і больш	41			
Зімаўстойлівасць	Зімаўстойлівыя	11	4,0 бала	7,0 бала	1:3:6
	Сярэднезімаўстойлівыя	30			
	Нізказімаўстойлівыя	59			
Форма арэха	Шарападобная	29	Каэфіцыент формы 0,78	Каэфіцыент формы 0,96	1:2
	Авальная	7			
	Цыліндрычная	64			
Сярэдняя маса арэха, г	Маленькая ($\leq 1,25$)	10	2,9	3,1	1:4:4
	Сярэдняя (1,26–1,59)	43			
	Вялікая (1,6–2,1)	21			
	Вельмі вялікая ($\geq 2,2$)	26			
Таўшчыня шкарлупіны, мм	Тонкая ($\leq 0,7$)	0	1,72	1,70	1:3
	Сярэдняя (0,8–1,1)	22			
	Тоўстая ($\geq 1,2$)	78			
Выхад ядра, %	Вельмі нізкі ($\leq 38,0$)	15	48,5	43,5	7:1:6
	Нізкі (38,1–43,3)	35			
	Сярэдні (43,4–48,6)	7			
	Высокі (48,7–53,9)	15			
	Вельмі высокі ($\geq 54,0$)	28			

Праведзеныя назіранні не дазволілі выявіць сярод гібрыднага патомства сеянцаў з працягласцю ювенільнага перыяду меншай, чым у мацярынскай формы. Эмпірычнае расшчапленне паміж групамі з сярэднім і познім тэрмінамі ўступлення ў плоданашэнне склала 1:1, хоць у цэлым па папуляцыі гэты паказчык быў большы, чым у сорта Каталонскі.

Палявая ацэнка зімаўстойлівасці пасля суровай зімы паказала магчымасць атрымання генатыпаў з пашкоджаннімі маразамі на ўзроўні выкарыстанай зыходнай формы і менш нават пры ўключэнні ў селекцыйны працэс сорту заходнееўрапейскага паходжання. Але доля такіх сеянцаў невысокая і склала толькі 11 %, пераважная большасць раслін аказалася нізказімаўстойліва: сярэдняе значэнне паказчыка сярод гібрыднага патомства – 4,0 бала.

Па форме арэха пераважнага ўплыву мацярынскага сорту Каталонскі не адзначана – расшчапленне склала 1:2 (шарападобныя і авальныя плады адносна цыліндрычных), што не дазваляе разглядаць гэты сорт як крыніцу дадзенай прыкметы пры селекцыі на круглы арэх.

Па сярэдняй масе арэха адзначана вар’іраванне ў даволі шырокіх межах, нягледзячы на тое, што значэнні ў выбарцы аналізаванага гібрыднага патомства і ў мацярынскай формы былі даволі блізкія – 2,9 і 3,1 г адпаведна. Эмпірычнае расшчапленне склала 1:4:4 (маленькія, сярэднія, вялікія), што дэманструе магчымасць атрымліваць пры выкарыстанні сорту Каталонскі ужо ў першым пакаленні амаль палову сеянцаў з буйнымі пладамі.

Звяртае на сябе ўвагу і той факт, што хоць сеянцаў з тонкай шкарлупінай не было вылучана сярод прааналізаванай папуляцыі, але ў першым пакаленні 22 % гібрыдаў ужо мелі сярэдняю таўшчыню не больш за 1,1 мм, што значна пераўзыходзіць паказчык самога сорту Каталонскі (1,7 мм). Эмпірычнае расшчапленне па дадзенай прыкмеце склала 1:3.

Аналіз гібрыднага патомства па такім параметры, як «выхад ядра», паказаў шырокую разнастайнасць фенатыпічнага праяўлення дадзенага паказчыка. Толькі 7 % сеянцаў мелі сярэдні ўзровень выхада ядра, блізкі да значэння сорту Каталонскі. Даволі значная доля раслін характарызувалася суадносінамі масы арэха і ядра $\leq 43,3$ %. Тым не менш ужо ў першым пакаленні ўдалося атрымаць да 43 % гібрыдаў, трансгрэсіўных па гэтай прыкмеце адносна мацярынскай зыходнай формы. Але важна адзначыць, што сярод сеянцаў з маленькімі і сярэднімі па масе



Арэхі перспектыўных гібрыдаў F₁ Каталонскі

арэхамі высокі выхад ядра сустракаўся значна часцей, чым у формах з буйнымі арэхамі. Гэты факт неабходна ўлічваць пры далейшай селекцыйнай працы і выдзяленні зыходнага матэрыялу.

Мэтанакіраваная работа па стварэнні зыходнага матэрыялу і выдзяленні новых генатыпаў з комплексам прыкмет, адказных за якасць арэхаў і патэнцыйную прадуктыўнасць, дазволіць у будучым удасканаліць сартымент фундуку ў Беларусі новымі сартамі з высокай экалагічнай пластычнасцю.

Фенатыпічны аналіз уступіўшых у плоданашэнне сеянцаў паказаў не толькі магчымасць атрымання трансгрэсіўных формаў па шэрагу прыкмет, але і дазволіў выдзеліць у якасці лімітуючага фактару ўзровень зімаўстойлівасці як галоўнага паказчыка адаптыўнасці і магчымасці рэалізацыі генетычнага патэнцыялу прадуктыўнасці ва ўмовах Беларусі. Для наступнага этапу селекцыйнай працы з папуляцыі F₁ Каталонскі выдзелены чатыры гібрыды 15-9/20, 15-9/41, 15-9/48, 15-9/50 (малюнак).

Гібрыд 15-9/20 уступае ў перыяд пладанашэння, як і мацярынская зыходная форма, на сёмы год, добра пераносіць вясновыя прымаразкі падчас цвіцення, сярэдняя маса арэха – 3,0 г, мае значна танчэйшую таўшчыню шкарлупіны і пераўзыходзіць па гэтым параметры сорт Каталонскі – 1,23 мм, форма арэха шарападобная з памерамі 22 × 19 × 18 мм, ядро авальнай формы. Недахопамі з’яўляюцца сярэдні ўзровень зімаўстойлівасці падчас суровай зімы і выхад ядра меншы за 40 %.

Гібрыд 15-9/41 зімаўстойлівы, добра пераносіць вясновыя прымаразкі падчас цвіцення, сярэдняя маса арэха – 2,7 г з выхадам ядра 46,1 %, форма арэха падоўжана-цыліндрычная з памерамі 26 × 16 × 15 мм, ядро таксама цыліндрычнай формы. Недахопамі з’яўляюцца працяглы ювенільны перыяд (8 гадоў) і таўшчыня шкарлупіны (1,86 мм).

Гібрыд 15-9/48 добра пераносіць вясновыя прымаразкі падчас цвіцення, сярэдняя маса арэха – 3,0 г з выхадам ядра 53,3 %, форма арэха авальная з памерамі 23 × 20 × 19 мм, ядро таксама авальнай формы. Недахопамі з’яўляюцца сярэдні ўзровень зімаўстойлівасці падчас суровай зімы, позні час уступлення ў перыяд пладанашэння – на восьмы год, таўшчыня шкарлупіны (1,95 мм).

Гібрыд 15-9/50 добра пераносіць вясновыя прымаразкі падчас цвіцення, сярэдняя маса арэха – 2,9 г з выхадам ядра 51,7 %, форма арэха шарападобная з памерамі 21 × 21 × 19 мм, ядро таксама шарападобнай формы. Недахопамі з’яўляюцца нізкі ўзровень зімаўстойлівасці падчас суровай зімы, позні час уступлення ў перыяд пладанашэння – на дзевяты год, таўшчыня шкарлупіны (2,59 мм).

ВЫНІКІ

Такім чынам, на аснове гаспадарчай ацэнкі гібрыдаў F₁ Каталонскі пацверджана высокая гетэразіготнасць зыходнай мацярынскай формы па даследаваных селекцыйных прыкметах. Ужо ў першым пакаленні выяўлены трансгрэсіўныя формы адносна сорту Каталонскі па такіх параметрах, як сярэдняя маса арэха, таўшчыня шкарлупіны, выхад ядра. Сеянцаў, якія бы пераўзыходзілі зыходны сорт па зімаўстойлівасці і характарызаваліся менш працяглым ювенільным перыядам, у F₁ выдзелена не было.

Для далейшай селекцыйнай працы ў якасці новага зыходнага матэрыялу з комплексам асноўных гаспадарча карысных прыкмет выдзелены гібрыды 15-9/20, 15-9/41, 15-9/48, 15-9/50.

СПІС ВЫКАРЫСТАНЫХ КРЫНІЦ

1. Molnar, T. *Corylus* / T. Molnar // Wild crop relatives: genomic and breeding resources : forest trees / ed. C. Kole. – Berlin, Heidelberg, 2011. – Chap. 2. – P. 15–48.
2. Development of the hazelnut chain in Tuscany: the case of the integrated project 'Loacker, Hazelnuts of Maremma' / V. Cristofoli [et al.] // Acta Horticulturae. – 2023. – Vol. 1379. – P. 523–529. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023/1379.76>
3. Current situation of hazelnut production in Slovenia / A. Solar [et al.] // Acta Horticulturae. – 2023. – Vol. 1379. – P. 27–33. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023/1379.5>
4. French hazelnut production / B. Saphy [et al.] // Acta Horticulturae. – 2023. – Vol. 1379. – P. 15–19. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023/1379.3>
5. Mehlenbacher, S. A. Hazelnut breeding / S. A. Mehlenbacher, T. Molnar // Plant breeding. – 2021. – Rev. 45. – P. 9–141.
6. Smith, D. C. Hazelnut genetic improvement at Oregon State University, a summary of the breeding effort since 1969 / D. C. Smith, S. A. Mehlenbacher // Acta Horticulturae. – 2023. – Vol. 1379. – P. 35–40. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023/1379.6>
7. Status of hazelnut production in China: current situation, problems and future prospects / Q. H. Ma [et al.] // Acta Horticulturae. – 2023. – Vol. 1379. – P. 7–13. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023/1379.2>
8. Васеха, В. В. Фундук – перспективная культура для возделывания в Республике Беларусь / В. В. Васеха // Наука и инновации. – 2023. – № 3 (240). – С. 22–26.
9. Перспективные отборные формы фундука белорусской селекции / В. В. Васеха [и др.] // Глоб. наука и инновация 2022: Центр. Азия. Сер. «С.-х. науки». – 2022. – № 2 (16). – Т. II – С. 58–60.
10. Генетические основы и методика селекции плодовых культур и винограда / З. А. Козловская [и др.] ; под общ. ред. З. А. Козловской. – Минск : Беларус. навука, 2019. – 249 с.
11. 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. – Орел : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.

SELECTIVE VALUE OF HAZELNUT SEEDLINGS OBTAINED FROM FREE POLLINATION OF THE CATALAN VARIETY

V. V. VASEKHA, K. A. CHARNAVOKAYA, M. M. BARYSENKA

Abstract

The article presents the assessment results of the economic value of the hybrid fund obtained from free pollination of the Western European Catalan variety under the conditions of the breeding seed orchard. The high heterozygosity of the original maternal form was confirmed by the breeding traits under study. The possibility of obtaining transgressive forms in the first generation compared to the Catalan variety in terms of such parameters as the average weight of the nut (empirical splitting 1 : 4 : 4), shell thickness (1 : 3), kernel yield (7 : 1 : 6) has been shown. Genotypes with an earlier period of entry into the fruiting period and with a higher level of winter hardiness compared to the Catalan variety were not obtained. Four hybrids – 15-9/20, 15-9/41, 15-9/48, 15-9/50 – were selected as new original material with a set of main economically valuable traits for further breeding work.

Keywords: hazelnut, breeding, winter hardiness, selection, nut weight, shell thickness, kernel yield, Belarus.

Поступила в редакцию 12.04.2024

РОСТ И РАЗВИТИЕ ФУНДУКА В МОЛОДОМ МАТОЧНИКЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ОТВОДКОВ

Т. П. ГРУШЕВА, М. Ю. ГАНУСЕНКО, В. А. ЛЕВШУНОВ

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

АННОТАЦИЯ

Исследования проводили в 2021–2023 гг. в отделе питомниководства РУП «Институт плодоводства». В статье отражены результаты изучения биологических особенностей роста, развития растений фундука в маточнике горизонтальных отводков.

По результатам анализа биометрических показателей отводков фундука в маточнике установлено, что по параметрам высоты (113,6–134,5 см), диаметра штамба (11,0–11,1 мм), количества корней (9,8–15,8 шт.) и длины корневой системы (12,3–21,6 см) полученные отводки соответствовали требованиям, предъявляемым Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. Количество неразветвленных отводков фундука составило 72,0–83,0 % от общего количества отделенных. В связи с существующими требованиями к посевным качествам саженцев фундука, которые определяют обязательное наличие боковых побегов, возникает необходимость разработки эффективных агроприемов стимулирования ветвления растений.

Ключевые слова: фундук, сорт, маточник, отводок, рост, развитие, биометрические показатели, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Фундук по своей значимости представляет большой интерес и занимает одно из первых мест среди культурных орехоплодных растений. Тенденция закладки интенсивных насаждений, которые отличаются высокой продуктивностью и хорошими качествами плодов, определяет необходимость производства качественного посадочного материала.

На территории Беларуси попытки ввести в культуру отборные формы повсеместно произрастающей лещины обыкновенной были неоднократными на протяжении XX в., основными причинами неудач были нерегулярность плодоношения и низкая хозяйственная ценность плодов [1].

С 1980-х гг. начинается закладка небольших участков и опытно-производственных плантаций в лесхозах республики. Отдельные экземпляры и группы растений фундука хорошо растут и плодоносят на участках садоводов-любителей почти повсеместно. Большое количество посадок, представленных сортами московской селекции и Азербайджана, Украины, Крыма и Кавказа, западноевропейского и турецкого происхождения, сохранилось в парках, садах и гос-сортаучастках различных районов республики [2].

При возделывании фундука в едином технологическом процессе ведущая роль принадлежит сорту. Успешность культуры во многом зависит от правильного подбора сортов для каждого агроклиматического района, основанного на данных государственного испытания. Только при выращивании в своих почвенно-климатических условиях можно будет утверждать о пригодности этих сортов для промышленного выращивания [3].

Селекционная работа по созданию белорусских сортов фундука была начата Э. П. Сюбаровой в 40-е гг. XX ст. Было получено два генеративных поколения полуфундука, позднее этот гибридный фонд был оценен П. И. Хрипачом [2, 4].

В государственный реестр сортов Беларуси первые два сорта фундука (Барелл, Лора) для приусадебного садоводства включены в 2018 г. Потепление климата в последние десятилетия позволяет выращивать и отдельные европейские сорта, такие как Барселонский, Каталонский и другие, что можно наблюдать во многих хозяйствах республики. На основании исследований Зои Аркадьевны Козловской в государственный реестр в 2019 г. включены 3 сорта европейской селекции (Барселонский, Косфорд, Каталонский), в 2021 г. включены сорта белорусской селекции – Лал и Яшма [5]. В 2023 г. передан для испытания еще один сорт белорусской селекции – Аркадий.

Так как в настоящее время имеется достаточный ассортимент сортов фундука, приспособленных к выращиванию в наших агроклиматических условиях и благоприятные факторы для развития промышленного выращивания фундука в нашей стране, важно изучить его биологические особенности при выращивании посадочного материала, а также разработать технологии способов размножения культуры фундука, которые позволят получать достаточное количество стандартного посадочного материала для удовлетворения потребностей производителей.

Цель исследований – оценить рост и развитие фундука сорта Каталонский в молодом маточнике горизонтальных отводков для получения стандартного посадочного материала.

УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на опытном участке отдела питомниководства РУП «Институт плодоводства» в 2021–2023 гг.

Объектом исследований являлся маточник горизонтальных отводков фундука сорта Каталонский, заложенный в 2020 г. Схема посадки – 1,4 × 0,3 м.

Начиная со второго года роста маточника приступали к его эксплуатации. Срезали всю надземную часть, вызывая пробуждение спящих почек и интенсивный рост молодых побегов. За вегетационный период производили трехкратное окучивание отрастающих отводков. Осенью производили их отделение.

Исследования осуществляли в течение вегетационных периодов согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Орел, 1999) [6] и «Методике изучения клоновых подвоев в Прибалтийских республиках и Белорусской ССР» (Елгава, 1980) [7].

В период вегетации определяли динамику роста отводков, проводя периодические замеры высоты растений, и находили их прирост за это время. В конце вегетации измеряли конечную высоту растений, диаметр штамба, длину корневой системы, подсчитывали количество корней, определяли степень вызревания побегов по 5-балльной шкале.

Статистическую обработку данных проводили методом однофакторного дисперсионного анализа [8].

Проанализированы температурные условия перезимовки растений в полевых условиях. За годы исследований значение минимальных температур воздуха не являлось критическим для условий Минского района. Тем не менее следует отметить периоды с резким понижением температуры воздуха в течение короткого промежутка времени.

В зимний период 2021–2022 гг. резкое понижение температуры воздуха с –7,9 до –15,7 °С отмечено 7–8 декабря. В 2022–2023 гг. резкие колебания температуры воздуха с –1,2 до –15,1 °С в течение суток отмечены 5–6 января.

Апрель и май 2022 г. характеризовались на уровне многолетних значений. В летние месяцы температура воздуха не опускалась ниже многолетних значений, а зачастую превышала их на 1,9...4,0 °С. В конце вегетационного периода было прохладнее относительно многолетних наблюдений в 2022 г. (на 1,7...2,3 °С) и необычно теплее в 2023 г. (16,3 °С температура воздуха в сентябре).

В период начала вегетации растений количество атмосферных осадков было недостаточным в апреле 2023 г. В мае 2022 г. влагозапасы почвы пополнялись обильными осадками, но были недостаточными в 2023 г. (менее 10 % от нормы). В июне количество осадков было также ниже нормы. Следует отметить, что 2023 г. характеризовался недостаточным выпадением осадков в течение апреля – июля и сентября.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Повреждающих факторов осенне-зимнего периода в виде низких критических температур за период исследований не было, подмерзание растений фундука в молодом маточнике не выявлено.

Фенологические наблюдения за развитием растений в различных зонах имеют большое научное и практическое значение и являются обязательным элементом производственно-биологи-

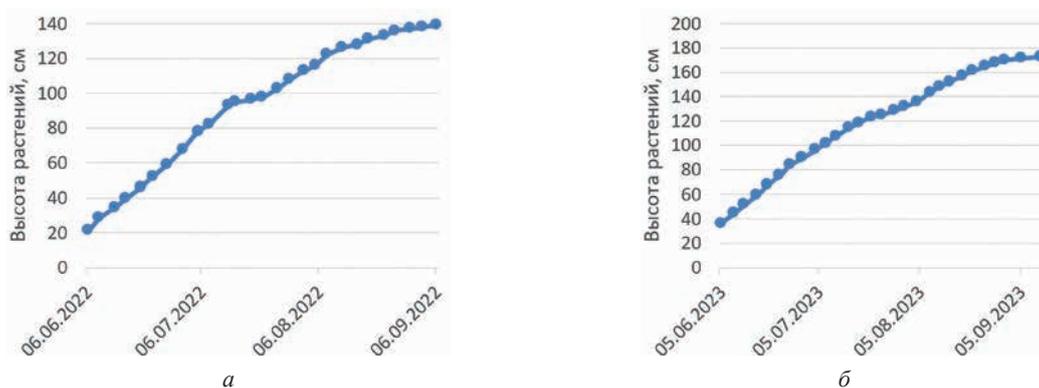


Рис. 1. Динамика роста фундука в маточнике горизонтальных отводков (2022–2023 гг.):
а – вегетационный период 2022 г., б – вегетационный период 2023 г.

ческого изучения. Исследование особенностей прохождения фенологических фаз дает возможность судить о приспособленности фундука к конкретным условиям выращивания, позволяет выявить его требования к теплу, свету, влаге и другим факторам внешней среды.

В 2022–2023 гг. начало вегетации фундука в маточнике горизонтальных отводков отмечено в третьей декаде апреля. Начало активного роста растений в высоту наблюдали в первой декаде июня. По состоянию на 5 июня высота варьировала от 21,0 до 36,4 см. За годы изучения 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 начинал постепенно уменьшаться. У отводков сорта Каталонский в 2022 г. интенсивность роста уменьшалась с 1,0 до 0,3 см/сут, в 2023 г. – с 1,4 до 0,7 см/сут. К концу сентября растения заметно снижали активность роста (0,3 см/сут) и достигли своей конечной высоты (рис. 1).

Процессы роста и развития растения тесно взаимосвязаны между собой. Активность ростовых процессов оценивают по скорости увеличения массы, объема, размеров растения.

В конце вегетационного периода проведена оценка биометрических параметров отводков в молодом маточнике. Средняя высота отводков фундука сорта Каталонский в изучаемых повторностях в 2022 г. составила 113,6 см, в 2023 – 134,5 см (см. таблицу), что соответствует требованиям Постановления Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 29 октября 2015 г. № 37 «Об установлении требований к сортовым и посевным качествам семян сельскохозяйственных растений».

**Биометрические показатели отводков фундука сорта Каталонский
в маточнике горизонтальных отводков (2022–2023 гг.)**

Повторность	Высота растений, см		Диаметр штамба, мм		Количество корней, шт.		Длина корневой системы, см	
	2022	2023	2022	2023	2022	2023	2022	2023
1-я	117,3	135,0	12,4	11,4	13,4	14,0	14,2	20,9
2-я	115,0	134,0	11,2	10,2	11,1	15,8	12,6	25,2
3-я	126,2	130,9	11,8	11,7	7,6	15,8	11,8	21,2
4-я	96,0	138,1	8,9	11,0	7,0	17,6	10,6	19,1
Среднее	113,6	134,5	11,0	11,1	9,8	15,8	12,3	21,6

О росте отводков можно судить и по показателю диаметра штамба, который, в среднем, составил 11,1 мм, что также соответствовало предъявляемым требованиям к сортовым и посевным качествам растений.

При измерении морфологических показателей растений в маточнике отмечали и такой важный показатель качества, как ветвление отводков. Доля ветвящихся отводков за годы исследований была незначительной (17,0–28,0 %) с количеством боковых побегов 1–2 шт. Большинство отделенных отводков (83,0–72,0 %) были неразветвленными, что является отрицательным признаком при оценке качества однолетних растений фундука. С учетом этого признака все не-



Рис. 2. Корневая система отделенных отводков фундука сорта Каталонский

разветвленные отводки являются нестандартными. Следовательно, разработка агротехнических приемов, направленных на стимулирование процессов развития, и в том числе ветвления, растений фундука в отводковом маточнике, является одной из приоритетных задач, решение которой обеспечит высокий выход стандартного посадочного материала.

Укоренение отводков и образование мощной корневой системы являются одним из важных показателей при оценке отводков фундука в маточнике. Во всех повторностях отводки имели хорошо развитую корневую систему с укоренением 4,0 балла (рис. 2), количество корней в среднем за годы исследований составило 9,8–15,8 шт., длина корневой системы – от 12,3 до 21,6 см (см. таблицу).

Своевременное окончание роста и вызревание однолетних побегов в маточнике имеет большое значение, поскольку одной из причин подмерзания растений, особенно верхушек, считается незаконченность роста. Оценка степени вызревания побегов показала, что во всех повторностях отводки характеризовались законченным ростом побегов и их полным вызреванием – 5,0 балла. Верхушечная почка сформировалась, верхушка побега одревеснела. Длина вегетационного периода растений составила 214 дней.

ВЫВОДЫ

По результатам анализа биометрических показателей отводков фундука в маточнике горизонтальных отводков за 2022–2023 гг. изучения установлено, что по параметрам высоты (113,6–134,5 см), диаметра штамба (11,0–11,1 мм), количества корней (9,8–15,8 шт.) и длины корневой системы (12,3–21,6 см) полученные отводки соответствовали предъявляемым требованиям к сортовым и посевным качествам растений.

Количество неразветвленных отводков фундука составило 72,0–83,0 % от общего количества отделенных. Таким образом, необходимо разработать агротехнические приемы, способствующие улучшению роста и развития фундука в маточнике горизонтальных отводков, что позволит повысить выход стандартного посадочного материала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Козловская, З. А. Лещина. Дикие виды и фундук / З. А. Козловская, Н. В. Луговцова // Плодоводство : сб. науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства» ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 30. – С. 289–303.
2. 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., Пинск, 3–5 сент. 1998 г. / Белорус. науч.-исслед. ин-т плодоводства ; гл. ред. В. А. Самусь. – Самохваловичи, 1998. – С. 43–45.
3. Рост и развитие растений фундука в различных конструкциях насаждений до вступления в плодоношение / И. С. Леонович [и др.] // Плодоводство : сб. науч. тр. / Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – Т. 34. – С. 146–150.
4. 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 / П. И. Хрипач. – Самохваловичи, 1977. – 206 с.
5. Жизнеспособность и гаметическая стерильность сортов фундука / М. Н. Борисенко [и др.] // Плодоводство : сб. науч. тр. / Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – Т. 34. – С. 157–162.
6. 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. – Орел : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
7. Методика изучения клоновых подвоев в Прибалтийских республиках и Белорусской ССР / ред. И. Коченова. – Елгава : ЛСХА, 1980. – 59 с.
8. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учеб. пособие / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

GROWTH AND DEVELOPMENT OF HAZELNUT IN A YOUNG MOTHER PLANTATION OF HORIZONTAL LAYERS

T. P. GRUSHEVA, M. Y. GANUSENKO, V. A. LEVSHUNOV

Abstract

The studies were carried out in 2021–2023 in the Nursery Growing Department of the RUE ‘Institute of Fruit Growing’. The article describes the research results on the biological characteristics of the growth and development of hazelnut plants in the mother plantation of horizontal layers.

Based on the results of the analysis of biometric indicators of hazelnut layers in the mother plantation, it was established that according to the parameters of height (113.6–134.5 cm), trunk diameter (11.0–11.1 mm), number of roots (9.8–15.8 pcs.) and the length of the root system (12.3–21.6 cm), the obtained layers met the requirements of the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus. The number of unbranched hazelnut layers amounted to 72.0–83.0 % of the total number of separated ones. In connection with the existing requirements for the sowing qualities of hazelnut seedlings, which determine the mandatory presence of lateral shoots, there is a need to develop effective agricultural techniques for stimulating plant branching.

Keywords: hazelnut, variety, mother plantation, layer, growth, development, biometric indicators, Belarus.

Поступила в редакцию 17.05.2024

**КАЧЕСТВО, ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА
ПЛОДОВО-ЯГОДНОЙ ПРОДУКЦИИ**

УДК 634.737:631.563

**ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДА ХРАНЕНИЯ НА СРОК РЕАЛИЗАЦИИ
ЯГОДНОЙ ПРОДУКЦИИ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ**

О. В. ДРОЗД

ГНУ «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»,
ул. Сурганова, 2в, г. Минск, 220012, Беларусь,
e-mail: Drozd_OlgaW@rambler.ru

АННОТАЦИЯ

Проведена оценка остаточного эффекта хранения плодов 6 сортов голубики высокорослой разных сроков созревания урожая в зависимости от периода хранения в условиях обычной газовой среды при температуре 4 °С. После 3-дневного моделирования условий рынка при температуре 18–20 °С экономически целесообразный выход стандартных ягод (90,0 % и более) отмечен при хранении от 2 (Spartan, Bluecrop, Goldtraube) до 3 недель (Bluejay, Sunrise, Brigitta Blue), после 5-дневного – от 1 (Spartan, Bluecrop, Sunrise, Goldtraube) до 2 недель (Bluejay, Brigitta Blue). При доведении ягодной продукции голубики до покупателя существенное влияние на выход здоровых плодов оказывают факторы срока реализации (50,8 %) и периода хранения (42,3 %), на естественную убыль массы ягод и выход нестандартных плодов – факторы срока реализации (83,3 и 81,2 % соответственно) и сорта (10,5 и 7,5 % соответственно).

Для размещения ягодной продукции голубики в торговых сетях при температуре 18–20 °С наиболее оптимальные сроки хранения плодов данной культуры составляют от 1 недели при сбыте продукции в течение 5 дней до 2 недель с условием реализации ягод в течение 3 дней.

Ключевые слова: *Vaccinium corymbosum*, голубика высокорослая, сохраняемость, плоды, остаточный эффект, хранение, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Плоды голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) являются источником ценных пищевых и биологически активных веществ (витаминов А, С, Е, антоцианов, флавоноидов, микроэлементов и др.) [1]. При доведении ягодной продукции голубики до покупателя основным моментом является срок ее потребления после окончания хранения в холодильных камерах и размещения в торговых сетях, на протяжении которого плоды будут сохранять не только полезные свойства, но и товарные качества [2]. Свойство ягод, при котором они сохраняют свои потребительские качества при повышенных температурах (18–20 °С) в течение определенного периода после выгрузки из холодильной камеры, называется остаточным эффектом хранения [3]. Наличие остаточного эффекта позволяет сократить потери в период доставки ягодной продукции от места хранения до потребителя с сохранением высоких товарных и вкусовых качеств [4]. Определение продолжительности данного периода позволит планировать сроки хранения ягодной продукции голубики с учетом ее последующей реализации.

Цель исследования – определить оптимальные сроки реализации плодов голубики высокорослой разных сроков созревания урожая в зависимости от периода хранения в условиях обычной газовой среды при температуре 4 °С.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполняли в 2019–2020 гг. в отраслевой лаборатории интродукции и технологии нетрадиционных ягодных растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси, расположенной в Ганцевичском районе Брестской области (N 52°44', E 26°22').

Объектом исследований являлись плоды 6 сортов голубики высокорослой разных сроков созревания: Spartan и Bluejay – раннеспелые, Bluecrop и Sunrise – среднеспелые, Brigitta Blue и Goldtraube – позднеспелые.

Хранение ягод голубики осуществляли при температуре 4 °С в обычной газовой атмосфере с относительной влажностью воздуха 60–80 % в течение 1–5 недель, повторность двукратная. Достаточно высокий диапазон варьирования показателя относительной влажности воздуха обусловлен проведением исследования в условиях бытового холодильника. Из внешне здоровых ягод составляли средний образец для каждого варианта опыта и сразу же закладывали на хранение [5]. Плоды расфасовывали по 200 г в одноразовые пищевые пластиковые контейнеры для ягод и фруктов Т 602 с крышками Т 601 объемом 400 мл. После съема с хранения образцы на 3 и 5 дней помещали в условия, сходные с условиями рынка: температура – 18–20 °С и относительная влажность воздуха – 40–50 %. В конце каждого периода хранения и после 3- и 5-дневного моделирования условий рынка проводили учеты состояния ягод по следующим показателям: естественная убыль массы плодов, выход здоровых и нестандартных плодов (с физиологическими расстройствами и пораженных болезнями). Естественную убыль массы определяли методом взвешивания до и после хранения; выход здоровых и нестандартных плодов – путем последующего разбора на фракции и взвешивания. Результаты выражали в процентах к общей массе продукции, заложенной на хранение. За критерий сохраняемости принимали максимальный срок хранения плодов, в течение которого они сохраняли потребительские качества, а общие потери веса не превышали 10,0 %, так как выход стандартных ягод, близкий к экономически целесообразному значению, составляет 90,0 % [6].

Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена с применением пакетов прикладных программ Statistica 10.0 и Microsoft Excel 2010.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По мере увеличения продолжительности хранения выход здоровых ягод в среднем уменьшался от 98,4 % при хранении в течение 1-й недели до 89,3 % – после 5-й недели (табл. 1). Следует отметить, что после 5 недель у сортов Bluecrop и Brigitta Blue выход товарной ягоды составил менее 90,0 % (85,4 и 85,9 % соответственно), вследствие чего сохраняемость плодов данных сортов в период проведения исследования в среднем составила не более 4 недель.

Основная часть потерь массы плодов при хранении – следствие естественно протекающих в плодах процессов жизнедеятельности: дыхание и испарение влаги, при которых расходуются запасы воды и органических веществ.

Естественная убыль массы плодов в среднем варьировалась от 1,6 до 7,8 % и находилась в прямой зависимости от продолжительности хранения: чем дольше хранились ягоды, тем выше были показатели естественной убыли.

Ухудшение качества и потери плодов также были вызваны различного рода функциональными (физиологическими) расстройствами, наиболее часто встречающимся из которых является размягчение ягод. У основного числа исследуемых сортов потери от функциональных расстройств отмечены на 3-й неделе хранения и составили в среднем 1,3 %, к концу 5-й недели данный показатель увеличился в среднем до 2,9 %. У сортов Brigitta Blue и Bluecrop потери от физиологических расстройств к концу 5-й недели составили 3,9 и 6,0 % соответственно, что обусловило уменьшение лежкости ягод данных культиваров. Порча плодов голубики от развития паразитарных заболеваний во время хранения появлялась как правило тогда, когда вследствие естественной убыли и функциональных расстройств потери массы ягод составляли более 10,0 %.

Таблица 1. Сохраняемость плодов голубики высокорослой разных сортов в условиях обычной газовой атмосферы при температуре 4 °С и остаточный эффект хранения при температуре 18–20 °С в 2019–2020 гг., %

Сорт	Здоровые плоды					Естественная убыль массы					Нестандартные плоды				
	недели					недели					недели				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	Хранение при температуре 4 °С														
Bluejay	98,7 ± 0,1	97,3 ± 0,4	95,6 ± 1,7	91,2 ± 1,9	91,8 ± 1,4	1,3 ± 0,1	2,7 ± 0,4	2,6 ± 0,5	6,2 ± 0,1	6,3 ± 0,0	–	–	1,8 ± 1,3	2,6 ± 1,8	1,9 ± 1,3
Spartan	98,6 ± 0,3	96,9 ± 0,1	94,6 ± 1,7	92,6 ± 0,3	92,6 ± 2,8	1,4 ± 0,3	3,1 ± 0,1	3,8 ± 0,6	4,5 ± 0,1	4,9 ± 1,0	–	–	1,6 ± 1,1	2,9 ± 0,2	2,5 ± 1,8
Bluecrop	98,2 ± 0,6	97,5 ± 0,5	94,1 ± 1,0	94,0 ± 1,0	85,4 ± 2,4	1,8 ± 0,4	2,5 ± 0,5	3,9 ± 0,3	4,4 ± 0,7	8,6 ± 1,1	–	–	2,0 ± 0,7	1,6 ± 0,2	6,0 ± 1,3
Sunrise	98,4 ± 0,1	98,1 ± 0,1	94,4 ± 1,1	93,0 ± 1,1	90,9 ± 1,5	1,6 ± 0,1	1,9 ± 0,1	4,5 ± 0,4	5,1 ± 0,6	7,4 ± 0,3	–	–	1,1 ± 0,7	1,9 ± 0,5	1,7 ± 1,2
Brigitta Blue	98,4 ± 0,5	97,1 ± 1,4	94,0 ± 0,5	93,3 ± 0,3	85,9 ± 2,3	1,6 ± 0,5	2,9 ± 1,4	5,6 ± 0,2	5,8 ± 0,3	10,2 ± 0,1	–	–	0,4 ± 0,2	0,9 ± 0,6	3,9 ± 2,2
Goldtraube	98,2 ± 0,1	96,7 ± 0,8	94,6 ± 1,2	92,0 ± 1,1	89,5 ± 2,3	1,8 ± 0,1	3,3 ± 0,8	4,6 ± 0,7	6,4 ± 0,0	9,3 ± 2,2	–	–	0,8 ± 0,6	1,6 ± 1,1	1,2 ± 0,1
Среднее	98,4 ± 0,1	97,3 ± 0,3	94,6 ± 0,4	92,7 ± 0,6	89,3 ± 2,0	1,6 ± 0,1	2,7 ± 0,3	4,1 ± 0,6	5,4 ± 0,6	7,8 ± 1,3	–	–	1,3 ± 0,4	1,9 ± 0,5	2,9 ± 1,1
	3-дневное моделирование условий рынка														
Bluejay	94,5 ± 1,5	94,3 ± 1,3	89,7 ± 3,3	84,4 ± 5,3	84,5 ± 3,1	2,8 ± 0,4	4,3 ± 0,3	6,6 ± 1,6	10,5 ± 2,1	10,3 ± 1,2	2,7 ± 1,1	1,4 ± 1,0	3,7 ± 1,7	5,1 ± 3,2	5,3 ± 2,0
Spartan	96,6 ± 0,3	94,2 ± 0,3	87,9 ± 1,8	86,7 ± 1,0	86,8 ± 5,4	2,4 ± 0,4	4,3 ± 0,2	8,4 ± 0,7	8,9 ± 0,3	8,6 ± 2,8	1,0 ± 0,7	1,5 ± 0,5	3,7 ± 1,2	4,4 ± 0,7	4,6 ± 2,6
Bluecrop	94,2 ± 1,4	94,6 ± 0,6	87,0 ± 2,8	88,5 ± 0,2	75,0 ± 4,5	4,2 ± 0,9	4,5 ± 0,0	6,9 ± 0,9	7,3 ± 0,6	15,9 ± 2,8	1,6 ± 0,6	0,9 ± 0,6	6,1 ± 1,9	4,2 ± 0,4	9,1 ± 1,6
Sunrise	95,6 ± 0,6	95,8 ± 1,3	89,6 ± 2,9	86,6 ± 1,5	84,8 ± 3,0	3,5 ± 0,0	4,2 ± 0,6	7,6 ± 1,0	9,7 ± 0,5	11,8 ± 1,6	0,9 ± 0,6	1,0 ± 0,7	2,8 ± 1,9	3,7 ± 1,0	3,4 ± 1,4
Brigitta Blue	95,8 ± 1,6	95,3 ± 1,9	89,1 ± 1,8	90,0 ± 0,7	78,6 ± 5,0	4,2 ± 1,6	4,7 ± 1,9	8,8 ± 1,8	9,1 ± 0,1	16,1 ± 2,4	–	–	2,1 ± 0,0	0,9 ± 0,6	5,3 ± 2,5
Goldtraube	94,7 ± 0,9	93,7 ± 1,8	88,5 ± 3,3	86,4 ± 1,4	84,4 ± 3,5	4,8 ± 1,2	5,1 ± 1,6	7,3 ± 2,1	10,7 ± 1,2	12,1 ± 2,5	0,5 ± 0,3	1,2 ± 0,2	4,2 ± 1,2	2,9 ± 0,2	3,5 ± 0,9
Среднее	95,3 ± 0,6	94,5 ± 0,3	88,7 ± 0,7	87,2 ± 1,2	82,4 ± 2,9	3,6 ± 0,6	4,5 ± 0,2	7,6 ± 0,5	9,3 ± 0,8	12,4 ± 1,9	1,1 ± 0,6	1,0 ± 0,3	3,7 ± 0,9	3,5 ± 1,0	5,2 ± 1,4
	5-дневное моделирование условий рынка														
Bluejay	86,9 ± 5,0	90,4 ± 2,7	83,2 ± 6,1	79,5 ± 7,5	78,2 ± 5,2	7,0 ± 1,4	6,9 ± 1,2	9,9 ± 2,2	14,2 ± 3,4	14,5 ± 1,9	6,1 ± 3,5	2,7 ± 1,4	6,9 ± 3,9	6,3 ± 4,1	7,3 ± 3,4
Spartan	91,0 ± 3,1	88,5 ± 0,6	84,2 ± 2,8	81,5 ± 0,9	82,4 ± 7,6	6,8 ± 1,6	7,0 ± 0,0	11,0 ± 1,8	12,0 ± 1,2	11,7 ± 4,1	2,2 ± 1,6	4,5 ± 0,6	4,8 ± 1,0	6,5 ± 0,2	5,9 ± 3,5
Bluecrop	88,6 ± 3,9	88,2 ± 2,3	77,9 ± 5,1	78,6 ± 2,4	69,4 ± 3,6	7,0 ± 1,4	6,5 ± 0,7	12,7 ± 2,1	11,5 ± 0,6	20,5 ± 2,7	4,4 ± 2,5	5,3 ± 1,7	9,4 ± 2,9	9,9 ± 1,7	10,1 ± 0,9
Sunrise	88,9 ± 1,0	86,9 ± 2,8	83,3 ± 5,6	79,3 ± 3,6	79,6 ± 4,8	5,6 ± 0,5	7,2 ± 2,0	10,8 ± 2,4	14,0 ± 1,2	14,6 ± 1,7	5,5 ± 0,6	5,9 ± 0,8	5,9 ± 3,2	6,7 ± 2,4	5,8 ± 3,1
Brigitta Blue	91,6 ± 0,5	91,5 ± 0,5	85,1 ± 0,5	88,6 ± 1,1	74,0 ± 6,9	5,3 ± 2,1	5,8 ± 2,4	11,3 ± 1,6	9,9 ± 0,1	19,0 ± 3,1	3,1 ± 1,6	2,7 ± 1,9	3,6 ± 1,1	1,5 ± 1,0	7,0 ± 3,7
Goldtraube	91,9 ± 0,8	87,8 ± 2,2	81,7 ± 3,7	80,0 ± 1,4	78,5 ± 2,4	6,5 ± 1,3	7,7 ± 2,1	11,6 ± 2,7	12,8 ± 0,2	15,7 ± 3,1	1,6 ± 0,5	4,5 ± 0,1	6,7 ± 1,1	7,2 ± 1,6	5,8 ± 0,7
Среднее	89,9 ± 1,3	89,0 ± 1,1	82,6 ± 1,6	81,3 ± 2,4	77,0 ± 3,0	6,3 ± 0,5	6,8 ± 0,4	11,2 ± 0,6	12,4 ± 1,0	16,0 ± 2,1	3,8 ± 1,2	4,2 ± 0,8	6,2 ± 1,3	6,3 ± 1,8	7,0 ± 1,1

Оценка остаточного эффекта хранения в течение 3 дней при температуре 18–20 °С показала, что выход товарной ягоды уменьшился в среднем на 2,9–7,7 % и составил от 95,3 % после 1-й недели хранения до 82,4 % – после 5-й недели. При анализе структуры потерь в течение указанного периода видно, что показатели естественной убыли возрастали в зависимости от продолжительности хранения, в среднем для исследуемых сортов составили от 3,6 до 12,4 %. Потери от функциональных расстройств в вариантах опыта с периодом хранения при пониженной температуре в течение 1–2 недель составили 1,0–1,1 %, при хранении плодов 3 и более недели – увеличились до 3,5–5,2 %. Выход товарной ягоды более 90,0 % с привлекательным внешним видом после 3-дневного моделирования рынка отмечен для всех исследуемых культиваров в вариантах с хранением в течение 1–2 недель, для сортов Bluejay, Sunrise и Brigitta Blue – до 3 недель.

После 5-дневного моделирования условий мест реализации при температуре 18–20 °С выход товарной ягоды уменьшился в среднем на 8,5–13,8 % и составил от 89,0–89,9 % после 2-й недели хранения до 77,0 % – после 5-й недели. При удлинении периода моделирования до 5 дней происходит резкое снижение качества плодов голубики, обусловленное преимущественно потерями от физиологических расстройств и болезней (3,8–7,0 %). После 5-дневного пребывания в условиях рынка экономически целесообразный выход товарной ягоды для большинства сортов отмечен в вариантах опыта с хранением в течение 1 недели, у сортов Bluejay и Brigitta Blue – до 2 недель.

Согласно данным, приведенным Т. Кгура, К. Tomala [7], при 5-дневном моделировании рынка выход товарной ягоды сорта Bluecrop после хранения в течение 2 недель при температуре 0 °С составил около 70,0 %, после 4 недель – 45,0 %. При 3-дневном моделировании условий рынка потери были в 2 раза ниже по сравнению с 5-дневным моделированием вне зависимости от времени хранения плодов. Полученные нами данные показывают, что выход товарной ягоды при моделировании условий рынка был значительно выше, а соотношение между потерями при 3- и 5-дневном моделировании – аналогично.

Согласно проведенному трехфакторному дисперсионному анализу, установлено, что влияние факторов сорта, периода хранения и срока реализации на показатели сохраняемости плодов голубики высокорослой в период доведения до покупателя статистически значимы (табл. 2). При этом фактор срока реализации оказывает наибольшее значимое влияние на все показатели лежкости ягодной продукции голубики – 50,8–83,3 %. На выход здоровых плодов немаловажное существенное влияние также оказывает фактор периода хранения при температуре 4 °С – 42,3 %. На естественную убыль массы ягод и выход нестандартных плодов достоверное, однако менее выраженное в сравнении с фактором срока реализации, влияние оказывает фактор сорта – 10,5 и 7,5 % соответственно. Влияние взаимодействия факторов, а также неучтенных факторов несущественно.

Таблица 2. Доля влияния факторов сорта (А), периода хранения (В), срока реализации (С), их взаимодействия (АВ, АС, ВС, АВС) и неучтенных факторов на показатели сохраняемости плодов голубики высокорослой при моделировании условий рынка

Показатель сохраняемости	Факторы и их взаимодействие							
	А	В	С	АВ	АС	ВС	АВС	Неучтенные
Здоровые плоды	2,5	42,3	50,8	1,2	0,4	0,3	0,2	2,4
Естественная убыль массы	10,5	0,8	83,3	2,5	0,4	0,3	0,1	2,1
Нестандартные плоды	7,5	4,6	81,2	1,4	1,2	0,5	0,6	3,0

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сохраняемость плодов голубики в условиях обычной газовой среды при температуре 4 °С варьируется от 4 недель – у сортов Bluecrop, Brigitta Blue до 5 недель – у сортов Bluejay, Spartan, Sunrise, Goldtraube при выходе товарной ягоды 90,0 % и более.

После 3-дневного моделирования условий рынка экономически целесообразный выход стандартных ягод отмечен у сортов Spartan, Bluecrop и Goldtraube с периодом хранения до 2 недель, для сортов Bluejay, Sunrise и Brigitta Blue – до 3 недель. Выход товарной ягоды более 90,0 %

после 5-дневного пребывания в условиях рынка у сортов Spartan, Bluecrop, Sunrise, Goldtraube отмечен при хранении в течение 1 недели, у сортов Bluejay и Brigitta Blue – до 2 недель.

На выход здоровых плодов при оценке остаточного эффекта хранения существенное влияние практически в равной степени оказывают факторы срока реализации (50,8 %) и периода хранения (42,3 %). На естественную убыль массы ягод и выход нестандартных плодов при доведении ягодной продукции голубики высокорослой до покупателя наибольшее значимое влияние оказывает фактор срока реализации (83,3 и 81,2 % соответственно), менее выраженное достоверное влияние – фактор сорта (10,5 и 7,5 % соответственно).

Для размещения ягодной продукции голубики в торговых сетях при температуре 18–20 °С наиболее оптимальные сроки хранения плодов голубики составляют от 1 недели при сбыте продукции в течение 5 дней до 2 недель с условием реализации ягод в течение 3 дней.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Формирование биохимического состава плодов видов семейства *Ericaceae* (Вересковые) при интродукции в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] ; под ред. акад. В. И. Парфенова. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 307 с.
2. Демидович, Е. И. Влияние предуборочных обработок на остаточный эффект хранения плодов яблони / Е. И. Демидович // Вестн. Белорус. с.-х. акад. – 2017. – № 4. – С. 124–128.
3. Новик, Г. А. Технологический регламент хранения ягод земляники садовой / Г. А. Новик, А. М. Криворот, М. Г. Максименко // Плодоводство : сб. науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства» ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – Т. 29. – С. 214–224.
4. Караник, О. С. Остаточный эффект хранения плодов сливы домашней в зависимости от состава атмосферы / О. С. Караник, А. М. Криворот // Плодоводство : сб. науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства» ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2014. – Т. 26. – С. 406–412.
5. Дженеев, С. Ю. Методические рекомендации по хранению плодов, овощей и винограда / С. Ю. Дженеев, В. А. Иванченко. – Ялта : Ин-т виноградарства и вина «Магарач», 1998. – 152 с.
6. 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.
7. Krupa, T. Quality of Bluecrop fruits (*Vaccinium corymbosum* L.) during long storage / T. Krupa, K. Tomala // Ягодководство на современном этапе : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения Анатолия Григорьевича Волузнева, пос. Самохваловичи, 13–15 июля 2004 г. / Ин-т плодоводства ; редкол.: Р. Э. Лойко (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2004. – С. 356–360.

IMPACT OF STORAGE PERIOD ON THE SALES TERMS OF Highbush BLUEBERRY PRODUCTS

O. V. DROZD

Abstract

The residual effect of fruit storage of 6 varieties of highbush blueberry of different periods of harvest ripening depending on the storage period under conditions of ordinary gas atmosphere at a temperature of 4 °C was assessed. After a 3-day modeling of market conditions at a temperature of 18–20 °C, economically feasible yield of standard berries (90.0 % or more) was marked during storage from 2 (Spartan, Bluecrop, Goldtraube) up to 3 weeks (Bluejay, Sunrise, Brigitta Blue), after a 5-day modeling – from 1 (Spartan, Bluecrop, Sunrise, Goldtraube) up to 2 weeks (Bluejay, Brigitta Blue). When bringing the blueberry products to the consumer the yield of healthy fruits is significantly influenced by the sales terms (50.8 %) and the storage period (42.3 %), while the natural decrease of the mass of berries and the yield of non-standard fruits are influenced by factors such as sales terms (83.3 and 81.2 %, respectively) and the variety factor (10.5 and 7.5 %, respectively).

For blueberry products to be placed in retail chain stores at a temperature of 18–20 °C the most optimal storage periods of the fruits are from 1 week when selling products within 5 days to 2 weeks on condition of selling the berries within 3 days.

Keywords: *Vaccinium corymbosum*, highbush blueberry, storageability, fruits, residual effect, storage, Belarus.

Поступила в редакцию 19.03.2024

ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ОБРАБОТОК МИКРОУДОБРЕНИЕМ НАНОПЛАНТ Ca-Si НА МАССУ И СРОКИ ХРАНЕНИЯ ЯГОД ГОЛУБИКИ

Т. В. КУРЛОВИЧ¹, С. Г. АЗИЗБЕКЯН², В. Л. ФИЛИПЕНЯ¹

¹ГНУ «Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси»,
ул. Сурганова, 2в, г. Минск, 220012, Беларусь,
e-mail: vaccinium@mail.ru

²ГНУ «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси»,
ул. Сурганова, 13, г. Минск, 220072, Беларусь,
e-mail: s.az@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Полевые испытания микроудобрения *Наноплант* Ca-Si, выполненные на 7 сортах голубики, позволили установить, что новый безазотный кальцийсодержащий препарат на основе наночастиц соединений микроэлементов проявляет высокую биологическую эффективность при низких дозах препарата (расход CaO – 330–500 г/га за сезон при норме расхода 42 г/га CaO на одну обработку), что в 4–6 раз меньше по сравнению с европейскими аналогами. Это открывает возможность экономически оправданного увеличения кратности обработок, что позволяет удовлетворить постоянную потребность растений в кальции в период всего сезона – от набухания почек до массового плодоношения. Использование *Нанопланта* Ca-Si обеспечивает стабильное существенное повышение значений ряда важных для производителей показателей у ягод голубики: средней массы и срока сохраняемости при температуре (4 ± 1) °С. Показано, что эффективность нового микроудобрения особенно ярко проявилась в сложных погодных условиях сезона вегетации 2023 г., приведших к значительному снижению срока сохраняемости урожая в контрольном варианте. Применение *Нанопланта* Ca-Si обеспечило увеличение продолжительности сохраняемости ягод в 2 раза, что свидетельствует об антистрессовом действии нового микроудобрения и обосновывает целесообразность его применения на растениях голубики не только как источника кальция, но и в качестве адаптогена при неблагоприятных погодных условиях.

Ключевые слова: голубика, *Vaccinium corymbosum* L., *V. corymbosum* × *V. angustifolium*, микроудобрение, *Наноплант* Ca-Si, наночастицы, масса ягод, сохраняемость ягод.

ВВЕДЕНИЕ

Существенной проблемой для производителей голубики является относительно короткий срок сохраняемости ягод без специального дорогостоящего оборудования. Одним из самых важных минеральных элементов, способствующих улучшению качества плодов, является кальций (Ca), образующий соединения с пектиновыми веществами клеточных стенок. Это увеличивает жесткость клеточных мембран, благодаря чему повышается устойчивость плодов и ягод к болезням, сохранность при транспортировке и длительном хранении. Основой большинства кальциевых удобрений является нитрат кальция, содержащий большой процент азота. Азот стимулирует вегетативный рост зеленой массы, что нежелательно в фазах цветения и налива плодов и, фактически, нивелирует влияние кальция. Кроме того, при поступлении в растение через корни кальций движется с транспирационными потоками в листья и практически не попадает в ягоды, транспирация в которых значительно ниже, чем в листьях. В результате этого процесса в ягодах постоянно не хватает кальция.

В НАН Беларуси разработаны и освоены в производстве микроудобрения на основе наночастиц соединений микроэлементов серии *Наноплант*, в том числе безазотная марка *Наноплант* Ca-Si, объединяющая два «строительных» элемента – кальций и кремний [1, 2]. Использование постепенно усваиваемых внутриклеточными ферментами полимеров-стабилизаторов коллоидного раствора обеспечивает низкую токсичность [3] и пролонгированность действия препарата. Благодаря свойству сверхпроницаемости наночастиц через клеточные мембраны новый препарат легко проникает в растительные клетки и проявляет высокую эффективность даже при существенно меньших концентрациях элементов в сравнении с солевыми и хелатными микроудобрениями.

Целью выполненных двухгодичных полевых испытаний являлась оценка влияния *Нанопланта* Ca-Si на массу и сроки хранения ягод голубики различных сортов.

МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Испытания проводили в ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» (г. Минск) и в СПК «Прогресс Вертилишки» (Гродненская обл.). В качестве объектов для исследований использовали четырехлетние растения 7 сортов голубики: Northland, Jersey, Bluegold, Duke, Northblue, Patriot и Bluecrop. Опыты заложены в трехкратной повторности. Площадь одной опытной делянки составляла 3 м².

Испытаны варианты микроудобрений:

1) микроудобрение **Наноплант Са-Si** (НТООО «АКТЕХ», Минск). Состав, г/л, не менее: СаО – 7,0; SiO₂ – 1,0; В – 1,0; Fe – 1,0. Методом динамического светорассеяния на анализаторе Zetasizer Nano ZSP (Malvern, Великобритания) установлено наличие в **Нанопланте Са-Si** наночастиц с размерами в интервале от 15 до 60 нм (средневзвешенный размер – 28 нм). Расход препарата в опытах в пересчете на гектар составил 6 л, расход действующего вещества (СаО) на одну обработку – **42 г/га**. Рекомендуется 8–12 некорневых подкормок в сезон, что соответствует внесению за сезон 330–500 г/га СаО.

В качестве аналогов для сравнения использованы два популярных в Европе и Беларуси безазотных кальциевых удобрения со следующими характеристиками:

2) **Аналог 1** – для некорневых обработок (Испания). Состав, г/л: СаО – 104; В – 5,2; SO₃ – 26. Расход удобрения – 9 л/га, расход СаО на 1 обработку – **936 г/га**. Используется две некорневые обработки в сезон, за которые вносится 1872 г/га СаО.

3) **Аналог 2** – для корневых обработок (Испания). Состав, г/л: СаО – 150; органические кислоты – 163. Расход удобрения – 5 л/га. Расход СаО на одну обработку – **750 г/га**. Рекомендуется три обработки в сезон с расходом 2250 г/га СаО.

В контрольном варианте (к.) для обработок использовали воду.

Определение средней массы ягод проводили путем взвешивания 100 ягод в пятикратной повторности в каждом варианте опыта.

Для оценки сохраняемости плоды голубики снимали в стадии потребительской спелости и закладывали на хранение в холодильник при температуре (4 ± 1) °С в пластиковых контейнерах с отверстиями объемом 500 мл (TL1-500/58/20 для ягод и фруктов). Сохраняемость плодов оценивали по времени сохранения (в сутках) потребительских качеств при уровне общих потерь (естественная убыль + нестандарт), не превышающих 10 % [4, 5]. Все опыты закладывали в 3-кратной повторности.

Данные статистически обработаны с использованием программы Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В сезоне испытаний 2022 г. основное внимание было уделено исследованию эффективности некорневой обработки голубики **Наноплантом Са-Si** в сравнении с различными **Аналогами** (для корневой и некорневой обработки) на 3 сортах голубики.

Сезон вегетации 2022 г. отличался прохладной погодой в мае, теплым периодом с июня по август и прохладным сентябрем. Сроки формирования и созревания ягод у ранних и средне-спелых сортов голубики не отклонялись от нормы, у среднепоздних и поздних – запаздывали на 2–3 недели. Условия для формирования и созревания ягод голубики были благоприятными, ягода равномерно вызревала, наливалась и не подвергалась потере влаги из-за засухи.

Для производителей важными показателями у плодов голубики являются размер и срок сохраняемости, которые влияют на покупательский спрос, возможность транспортировки на значительные расстояния и снижение потерь при хранении.

Применение **Нанопланта Са-Si** в испытаниях на делянках ЦБС позволило повысить, в сравнении с контролем, среднюю массу ягод на 31,2 % – у сорта Jersey, на 47,8 % – у сорта Northland, а также продлить на 16,5–33,9 % срок сохраняемости продукции (табл. 1). Использование европейских аналогов в условиях сезона 2022 г. не привело к увеличению срока сохраняемости ягод (за исключением **Аналога 2** для сорта Bluegold).

Таблица 1. Масса и сохраняемость ягод голубики в сезоне 2022 г. (ГНУ «ЦБС НАН Беларуси»)

Сорт	Вариант обработки	Масса ягоды, г	Δ к к., %	Сохраняемость	
				сут	Δ к к., %
Northland	Контроль	0,67 ± 0,02	–	22,7 ± 0,9	–
	Аналог 1	0,85* ± 0,01	26,9	17,3 ± 0,3	–23,6
	Аналог 2	0,80* ± 0,02	19,4	17,3 ± 0,3	–23,6
	Наноплант Са-Si	0,99* ± 0,02	47,8	26,7* ± 1,5	17,6
	HCP _{0,05}	0,064		2,12	
Jersey	Контроль	0,93 ± 0,02	–	26,3 ± 0,9	–
	Аналог 1	0,77 ± 0,02	–17,2	16,0 ± 1,4	–39,2
	Аналог 2	1,20* ± 0,02	29,0	25,0 ± 4,0	–5,1
	Наноплант Са-Si	1,22* ± 0,02	31,2	30,7* ± 1,7	16,5
	HCP _{0,05}	0,041		3,73	
Bluegold	Контроль	1,16 ± 0,04	–	20,7 ± 0,9	–
	Аналог 1	1,16 ± 0,02	0	21,7 ± 0,3	4,8
	Аналог 2	1,53* ± 0,04	31,9	24,3 ± 2,3	17,7
	Наноплант Са-Si	1,25* ± 0,01	7,8	27,7* ± 0,9	33,9
	HCP _{0,05}	0,090		2,41	

* Статистически значимые различия при $p < 0,05$.

В хозяйстве СПК «Прогресс Вертилишки» также было зафиксировано значительное увеличение срока хранения ягод (на 35,2–51,5 %) при обработке *Наноплантом* Са-Si в сравнении с контролем (табл. 2).

Таблица 2. Сохраняемость ягод голубики в сезоне 2022 г. (СПК «Прогресс Вертилишки»)

Вариант обработки	Сохраняемость ягод для сортов голубики					
	Patriot		Bluecrop		Northblue	
	сут	Δ к к., %	сут	Δ к к., %	сут	Δ к к., %
Контроль	22,7 ± 0,3	–	27,7 ± 1,5	–	16,7 ± 2,4	–
Наноплант Са-Si	30,7 ± 1,3	35,2	40,6 ± 2,2	46,6	25,3 ± 0,9	51,5
HCP _{0,05}	3,75		4,62		2,46	

В испытаниях сезона 2022 г. было установлено, что **Аналоги** как для корневой, так и некорневой обработки существенно уступают эффективности микроудобрению *Наноплант* Са-Si (по показателям необходимого расхода СаО на одну обработку и повышения срока сохраняемости продукции). Поэтому в 2023 г. было решено ограничиться сравнением только с **Аналогом 1** (для некорневой обработки), но увеличить количество испытываемых сортов голубики с 3 до 7 вариантов.

Сезон 2023 г. характеризовался прохладной погодой в мае и июне, теплой погодой с периодами жары и засухи в июле, августе и сентябре. Сроки формирования и созревания ягод у голубики не отклонялись от нормы, но периодические засухи отрицательно сказались на качестве ягоды. Биологическая эффективность *Нанопланта* Са-Si проявилась и в таких, менее благоприятных, погодных условиях (табл. 3).

Как видно из данных табл. 3, прирост средней массы ягоды у сортов Bluegold, Jersey, Northland и Northblue варьировал от 14,0 до 23,7 %. При этом срок сохраняемости ягод увеличился на 89,6–121,2 %. Благодаря влиянию удобрения *Наноплант* Са-Si масса и размер ягод значительно увеличиваются даже у сортов, которые в обычных условиях формируют плоды средних размеров.

У крупноплодных сортов Duke, Bluecrop и Patriot прирост средней массы был менее значительным – от 4,8 до 10,7 %, но очень существенным оказалось повышение продолжительности срока сохраняемости ягод, который возрос на 32,2–150,1 %.

Часть сортов голубики (Northblue, Patriot и др.) характеризуются крупной, но мягкой ягодой, плохо транспортируемой и хранящейся короткое время (не более 7–10 сут, а в сезоне с неблагоприятными климатическими условиями – 2–3 сут) [5, 7]. Применение микроудобрения *Наноплант* Са-Si позволило значительно (на 7–8 сут) увеличить сохраняемость и пригодность для транспортировки ягод этих сортов.

Таблица 3. Масса и сохраняемость ягод голубики в сезоне 2023 г. (ГНУ «ЦБС НАН Беларуси»)

Сорт	Вариант обработки	Масса ягоды, г	Δ к к., %	Сохраняемость	
				сут	Δ к к., %
Northblue	Контроль	1,35 ± 0,06		7,3 ± 0,3	
	Аналог 1	1,41 ± 0,08	4,4	9,5 ± 0,4	29,2
	Наноплант Ca-Si	1,67 ± 0,05	23,7	15,0 ± 0,6	104,6
	HCP _{0,05}	0,102		0,91	
Northland	Контроль	0,70 ± 0,03	–	6,3 ± 0,3	
	Аналог 1	0,70 ± 0,03	0	6,7 ± 0,3	5,4
	Наноплант-Ca-Si	0,83 ± 0,04	18,6	12,0 ± 0,6	89,6
	HCP _{0,05}	0,054		0,83	
Jersey	Контроль	1,25 ± 0,02		6,3 ± 0,3	
	Аналог 1	1,23 ± 0,01	–1,6	7,3 ± 0,3	15,8
	Наноплант Ca-Si	1,48 ± 0,04	18,4	14,0 ± 0,6	121,2
	HCP _{0,05}	0,041		0,94	
Bluegold	Контроль	1,57 ± 0,02		10,7 ± 0,3	
	Аналог 1	1,46 ± 0,08	–7,0	14,3 ± 0,3	34,3
	Наноплант Ca-Si	1,79 ± 0,02	14,0	23,3 ± 0,7	118,7
	HCP _{0,05}	0,110		1,24	
Patriot	Контроль	1,96 ± 0,01		10,7 ± 0,7	
	Аналог 1	2,02 ± 0,01	3,1	12,3 ± 0,4	15,5
	Наноплант Ca-Si	2,17 ± 0,02	10,7	19,3 ± 0,9	81,2
	HCP _{0,05}	0,042		1,51	
Bluecrop	Контроль	2,09 ± 0,04		9,3 ± 0,3	
	Аналог 1	2,16 ± 0,02	3,3	10,0 ± 0,6	7,2
	Наноплант Ca-Si	2,27 ± 0,02	8,6	22,3 ± 1,3	150,1
	HCP _{0,05}	0,073		2,50	
Duke	Контроль	1,67 ± 0,04		9,3 ± 0,7	
	Аналог 1	1,68 ± 0,02	0,6	11,3 ± 0,7	21,4
	Наноплант Ca-Si	1,75 ± 0,06	4,8	12,0 ± 0,7	32,2
	HCP _{0,05}	0,071		1,34	

Как видно из результатов испытаний, комфортные климатические условия сезона 2022 г. позволили сформировать ягоды с более длительным сроком хранения (20,7–27,7 сут) даже без применения микроудобрений. Использование *Нанопланта* Ca-Si увеличило значение этого показателя до 26,7–40,6 сут (табл. 1, 2). В менее благоприятный сезон 2023 г. растения голубики подвергались воздействию значительных перепадов температур, влажности воздуха и количества осадков. Это привело к снижению срока хранения ягод в контроле до 6,3–10,7 сут (табл. 3). Применение *Нанопланта* Ca-Si обеспечило существенный рост сохраняемости до 12,0–23,3 сут, что свидетельствует об антистрессовом действии микроудобрения и обосновывает целесообразность его применения не только как источника кальция, но и в качестве адаптогена.

В ходе испытаний эффективности безазотных европейских кальцийсодержащих аналогов установлен нестабильный и невысокий уровень повышения средней массы и сохраняемости ягод. В этих удобрениях кальций содержится в солевой или хелатной формах, существенно уступающих по факторам проницаемости через защитные клеточные мембраны, усвояемости и биологической эффективности препаратам нового поколения на основе наночастиц микроэлементов. Высокий расход и стоимость традиционных удобрений ограничивает кратность их применения (2–3 раза за сезон), что не удовлетворяет потребность растений голубики в кальции в период вегетации. Подобные выводы были сделаны и другими авторами [6, 7] при анализе результатов применения европейского удобрения Calcinit, которое, несмотря на высокое содержание действующих веществ (CaO – 26,3 %; N – 15,5 %) и значительный расход (двукратно по 100 кг/га), не проявляет стабильной эффективности в улучшении качества ягод голубики.

Действующие вещества *Нанопланта* Ca-Si синтезируются в виде не имеющих заряда нерастворимых соединений микроэлементов и поэтому свободно преодолевают барьер клеточной мем-

браны, поскольку их размер меньше диаметра пор и плазмодесм мембраны и клеточной стенки. Это позволяет проявлять высокую эффективность при гораздо меньших расходах СаО в сравнении с традиционными солевыми и хелатными аналогами. Низкий расход микроудобрения наряду с его невысокой стоимостью позволяют увеличить кратность обработок и благодаря этому удовлетворить постоянную потребность растений в кальции в период всего вегетационного сезона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные в 2022–2023 гг. полевые испытания микроудобрения *Наноплант* Ca-Si на 7 сортах голубики позволили установить, что новый препарат на основе наночастиц соединений микроэлементов проявляет более высокую биологическую эффективность при меньших расходах действующего вещества в сравнении с европейскими аналогами (330–500 г/га СаО против 2250 (Аналог 2) и 1872 г/га (Аналог 1)).

Микроудобрение *Наноплант* Ca-Si оказывает положительное антистрессовое влияние в сложных погодных условиях, увеличивая срок хранения ягод в 2 раза.

Применение микроудобрения *Наноплант* Ca-Si существенно улучшает потребительские качества плодов: среднюю массу (что повышает их привлекательность для покупателя) и срок хранения ягод всех испытанных сортов голубики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Возделывание жимолости и голубики на рекультивируемых торфяниках низинного типа с использованием органических удобрений и микроэлементного стимулятора *Наноплант* / Ж. А. Рупасова [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2021. – 229 с.
2. Новое белорусское кальциевое микроудобрение для сохранности урожая / Е. В. Поух [и др.]. – Наше сел. хозяйство. Агрономия. – 2023. – № 5. – С. 96–99.
3. Study of the toxicological properties of microfertilizers / M. Vasilyeva [et al.]. – Public health a. toxicology. – 2021. – № 1 (suppl. 1). – Art. 46. <https://doi:10.18332/pht/142259>
4. 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.
5. Павловский, Н. Б. Оценка сохраняемости плодов голубики разных таксонов / Н. Б. Павловский // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2021. – Т. 66, № 3. – С. 302–311.
6. Barszczewski, J. Zdrowe owoce borówki wysokiej – jak je wyprodukować [Electronic resource] / J. Barszczewski. – Mode of access: www.larix.lublin.pl/sadownictwo/22539-konferencja-borowkowa-2017-nowoczesna-uprawa-borowki-jakosc.html. – Date of access: 22.01.2024.
7. Komosa, A. Wpływ zabiegów uprawowych i żywienia roślin na jakość borówki wysokiej [Electronic resource] / A. Komosa. – Mode of access: <https://www.larix.lublin.pl/sadownictwo/22539-konferencja-borowkowa-2017-nowoczesna-uprawa-borowki-jakosc.html>. – Date of access: 22.01.2024.

INFLUENCE OF FOLIAR TREATMENTS WITH MICROFERTILIZER *NANOPLANT*-Ca-Si ON WEIGHT AND SHELF LIFE OF BLUEBERRY

T. V. KURLOVICH, S. G. AZIZBEKYAN, V. L. FILIPENYA

Abstract

Field tests of the *Nanoplant* Ca-Si microfertilizer, carried out on 7 varieties of blueberry, have established that the new nitrogen-free calcium-containing preparation based on nanoparticles of micronutrients compounds exhibits high biological effectiveness at low doses of the preparation (CaO consumption is 330–500 g/ha per season at normal consumption rate of 42 g/ha CaO per treatment), which is 4–6 times less compared to the consumption rate of European equivalents. This opens up an opportunity of an economically justifiable increase in the frequency of treatments, which makes it possible to address the constant need of plants for calcium throughout the entire season – starting from bud swelling to mass fruiting period. The use of *Nanoplant* Ca-Si provides a stable substantial increase in the values of a range of key production-related indicators of blueberry: average weight and storage time at a temperature of $(4 \pm 1) ^\circ\text{C}$. It was shown that the effectiveness of the new microfertilizer was especially pronounced in difficult weather conditions of the 2023 growing season, which led to a significant reduction in the shelf life of the crop in the control variant. The application of *Nanoplant* Ca-Si has doubled the shelf life of berries, which indicates the anti-stress effect of the new microfertilizer and justifies the feasibility of its use on blueberry plants not only as a source of calcium, but also as an adaptogen under unfavorable weather conditions.

Keywords: blueberry, *Vaccinium corymbosum* L., *V. corymbosum* × *V. angustifolium*, microfertilizer, *Nanoplant* Ca-Si, nanoparticles, berry weight, berry shelf life.

Поступила в редакцию 29.03.2024

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СУШЕНОГО ВИНОГРАДА ИЗ СОРТООБРАЗЦОВ, ВЫРАЩЕННЫХ В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Г. А. НОВИК, М. Г. МАКСИМЕНКО, А. М. КРИВОРОТ, О. С. КАРАНИК,
Д. И. МАРЦИНКЕВИЧ

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

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты двухлетних исследований по оценке пригодности 6 сортобразцов винограда (Аттика, Володар, Кишмиш запорожский, Красотка, Марс, гибрид 23-16-6-3) для изготовления продукта с низкой влажностью – сушеного винограда.

Сушеный виноград занимает 50 % от всех выпускаемых сухофруктов в мире. Сушеный виноград обладает высокими вкусовыми, питательными свойствами.

Определено содержание в свежем винограде сухих веществ – 15,7–21,5 %, растворимых сухих веществ – 15,0–19,9 %. Установлена массовая доля сухих веществ в сушеном винограде – 83,2–86,9 %. Сумма сахаров в исследуемых сортах варьировалась от 45,39 (Красотка) до 51,95 % (гибрид 23-16-6-3).

Сушеный виноград – это продукт, полностью готовый к употреблению, с хорошими органолептическими показателями. Средняя дегустационная оценка сушеного винограда у всех сортов составила 4,2–4,7 балла.

Выявлено соответствие требованиям ТНПА свежего винограда и готового продукта.

Ключевые слова: ягоды, виноград, изюм, сорт, сушка, сухофрукты, химический состав, консистенция, вкус, органолептическая оценка, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Виноград является одним из древнейших растений, которое возделывает человечество. Первые свидетельства возделывания винограда найдены в Египте. Виноград – культура свето- и теплолюбивая, однако из-за изменения климата эта культура продвигается на север.

Ягоды винограда – высокоценный продукт питания и сырье для промышленной переработки. Во всем мире большая часть винограда используется как сырье для винодельческой промышленности – примерно 80 %, чуть больше 12 % потребляется в свежем виде и 7 % идет на производство сушеного винограда.

Сортоизучение винограда в Беларуси начато в 1932 г. опытником И. И. Шевчуком в г. Пинске. Он изучил около 120 сортов винограда, ряд сортов не имел аналогов в СССР. Далее продолжили работу А. В. Могучий, В. В. Бродский. Большой вклад в изучение винограда в условиях Беларуси внес Р. Э. Лойко, положивший начало коллекции сортов винограда в РУП «Институт плодводства» [1–6].

В настоящее время благодаря научным исследованиям доктора сельскохозяйственных наук Р. Э. Лойко и научного сотрудника В. Н. Устинова, который продолжил расширять коллекцию сортов винограда в РУП «Институт плодводства», сформирована и поддерживается ампелографическая коллекция, насчитывающая 512 сортов из 25 стран [6–8].

Так как климатические условия Беларуси ограничены тепловыми ресурсами в вегетационный период и неблагоприятными условиями перезимовки, то для возделывания в таких условиях пригодны сорта винограда очень ранние, ранние и зимостойкие. Качество винограда, предназначенного для сушки, должно соответствовать требованиям ГОСТ 31782–2012 «Виноград свежий машинной и ручной уборки для промышленной переработки. Технические условия». Главные требования, которые предъявляются к винограду, – это высокая сахаристость сока ягод (23–25 г/100 см³), мясистая плотная консистенция мякоти (дает в сушеном виде полнотелый кишмиш, который мало сморщивается), ранний срок созревания, отсутствие семян в ягоде или минимальное их количество, среднерыхлое строение грозди. Величина ягоды сказывается на товарном виде: чем она больше, тем выше спрос. Кроме того, ягоды должны легко отрываться от

плодоножки. Ягоды винограда для получения изюма лучше использовать плотные, крупные, одномерные как темноокрашенные, так и светлоокрашенные, с гармоничным сочетанием сахаров и кислоты и содержанием растворимых сухих веществ не менее 14 %, кислоты – 0,2–1,0 % [9–10].

Сушеный виноград занимает 50 % от всех выпускаемых сухофруктов в мире. Он обладает высокими вкусовыми, питательными свойствами и высокой калорийностью (3200 ккал/кг, или 13,4 кДж/кг). Сушеный виноград улучшает пищевые, питательные процессы в организме человека, укрепляет нервную систему, быстро восстанавливает силы и активизирует умственную деятельность [9].

В зависимости от сорта и степени зрелости ягод сушеный виноград содержит 65–75 % легкоусвояемых сахаров (глюкозы, фруктозы), 1,4–1,7 % азотистых веществ, 1,2–2,0 % органических кислот, 0,6–1,7 % клетчатки, дубильных и других веществ. Виноград, предназначенный для сушки, должен находиться в полной стадии зрелости, достичь максимального количества растворимых сухих веществ и сахаров [9, 11]. Основные работы по изучению способов сушки и биохимического состава сушеного винограда проводили в Дагестанской государственной сельскохозяйственной академии, г. Махачкала [12].

Ранее пригодность к сушке сортов винограда, выращенных в условиях Беларуси, не изучали.

Цель исследований – изучить сортообразцы винограда из коллекции РУП «Институт плодородства» на пригодность к сушке.

ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являлись 6 сортообразцов свежего и сушеного винограда – Аттика, Володар, Кишмиш запорожский, Красотка, Марс, гибрид 23-16-6-3.

Отбор образцов свежего винограда осуществляли по мере созревания согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (ВНИИСПК, Орел, 1999) [13].

Химические показатели свежего и сушеного винограда определяли в 3-кратной повторности следующими методами:

- общее количество сухих веществ (СВ) – по ГОСТ 28561–90 [14];
- растворимые сухие вещества (РСВ) – рефрактометрическим методом по ГОСТ ISO 2173–2013 [15];
- титруемые кислоты – титриметрическим методом по СТБ ГОСТ Р 51434–2006 [16];
- сахара – спектрофотометрическим методом по Бертрану в модификации Вознесенского [17];
- сумма фенольных соединений – спектрофотометрическим методом с использованием реактива Фолина – Дениса [18];
- пектиновые вещества – спектрофотометрическим карбазольным методом [19].

Из-за невысокой среднесуточной температуры в период созревания винограда отмечали невысокое накопление РСВ, что отразилось на количестве сахаров.

Органолептические показатели определяла дегустационная комиссия РУП «Институт плодородства» по пятибалльной шкале согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Мичуринск, 1973) [19].

Изготовление опытных образцов сушеной продукции проводили комбинированным радиационно-конвективным способом путем испарения влаги во фруктах посредством нагрева инфракрасным излучением определенного диапазона длин волн, а удаление влаги – за счет принудительной конвекции паровоздушной смеси в сушильном шкафу *Универсал-4* ЭСПИС (Санкт-Петербург) при температуре 50–60 °С.

Математическую обработку результатов осуществляли при помощи программного пакета STATISTICA 6.0 и Microsoft Excel [20, 21].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведен скрининг размерно-массовых и технологических показателей свежего винограда (табл. 1). Масса гроздей винограда изучаемых сортообразцов варьировала в пределах 114,2–362,3 г. Минимальная масса гребня была у гибрида 23-16-6-3 – 4,8 г. Выход ягоды без грозди

у сорта Аттика составил 94,9 %, у сорта Красотка и Марс – 96,1 %. Средняя масса ягоды в зависимости от помологического сорта находилась в пределах от 1,4 (гибрид 23-16-6-3) до 4,6 г (Красотка). Все изучаемые сортообразцы винограда являются бессемянными (кишмиш), за исключением сорта Красотка. Отрыв ягод от гребня у сорта Марс был мокрым с разрывом кожицы, у гибрида 23-16-6-3 – сухим. Отрыв ягод от гребня – важный показатель, определяющий внешний вид сушеного винограда.

Таблица 1. Размерно-массовые и технологические показатели свежего винограда в среднем по сортам (2021–2022 гг.)

Сортообразец	Масса грозди, г	Масса ягод в грозди, г	Масса гребня, г	Выход ягод, %	Масса ягоды, г
Аттика	220,9	209,0	9,9	94,9	2,8
Володар	362,3	349,5	12,9	96,5	1,9
Кишмиш запорожский	241,1	229,5	15,3	93,7	2,4
Красотка	237,9	228,6	9,2	96,1	4,6
Марс	216,8	208,6	8,2	96,1	4,3
Гибрид 23-16-6-3	114,2	109,4	4,8	95,8	1,4
НСР _{0,05}	110,03	107,38	3,84	1,76	0,28

В результате исследований за 2021–2022 гг. получены данные по химическому составу винограда: СВ, РСВ, титруемая кислотность, сахара, пектиновые вещества и фенольные соединения. Результаты исследований приведены в табл. 2.

Определено, что содержание СВ находилось в пределах от 15,7 (Красотка) до 21,5 % (Аттика), содержание РСВ – от 15,0 (Кишмиш запорожский) до 19,9 % (Володар), максимальное содержание титруемых кислот было у сорта Кишмиш запорожский (0,87 %), а минимальное – у сорта Володар (0,40 %), сумма пектиновых веществ варьировала от 0,24 до 0,27 %. Минимальное количество фенольных соединений отмечено у сорта Марс – 157,46 мг/100 г, максимальное – у сорта Красотка 284,62 мг/100 г.

Таблица 2. Химический состав свежего винограда по сырому веществу (2021–2022 гг.)

Сортообразец	СВ, %	РСВ, %	Титруемая кислотность, %	Сумма сахаров, %	Растворимый пектин, %	Протопектин, %	Сумма пектиновых веществ, %	Сумма фенольных соединений, мг/100 г
Аттика	21,5	19,2	0,57	12,93	0,12	0,18	0,27	252,96
Володар	19,5	19,9	0,40	13,36	0,12	0,13	0,25	228,88
Гибрид 23-16-6-3	18,1	17,3	0,57	11,39	0,12	0,14	0,27	209,21
Кишмиш запорожский	16,6	15,0	0,87	9,88	0,11	0,13	0,24	192,69
Красотка	15,7	15,1	0,74	10,41	0,13	0,14	0,27	284,62
Марс	17,8	17,0	0,74	10,80	0,10	0,14	0,24	157,46
НСР _{0,05}	4,75	5,01	0,248	3,595	0,021	0,026	0,029	97,149

Следует отметить, что содержание сахаров – от 9,88 (Кишмиш запорожский) до 13,36 % (Володар) – ниже нормы (20,0 %), указанной в стандарте для винограда, который используется для сушки. Однако следует учитывать, что в условиях Беларуси возделываемые сорта винограда по многолетним данным могут накапливать сахара от 7,65 до 15,49 % [22].

В сушеном винограде массовая доля СВ находилась в пределах от 83,2 (Володар) до 86,9 % (Аттика). Согласно требованию ГОСТ 6882–88 [23] у винограда сушеного этот показатель должен быть не менее 81 %. Все изучаемые образцы сушеного винограда соответствуют ТНПА по содержанию СВ в готовом продукте. Максимальное значение титруемых кислот выявлено у сорта Марс (2,92 %), минимальное – у гибрида 23-16-6-3 (0,83 %) (табл. 3). В среднем по всем образцам титруемая кислотность составила 1,5 %. Сумма сахаров в исследуемых сортах варьировалась от 45,39 (Красотка) до 51,95 % (гибрид 23-16-6-3). Минимальное содержание растворимого пектина отмечено у сорта Аттика – 0,92 %, в среднем по сортам количество растворимого

пектина составило 1,36 %. Количество протопектина в сушеном винограде колебалось от 1,30 (Аттика) до 2,04 % (Марс). Сумма пектиновых веществ у сорта Марс – 3,82 %, у сорта Красотка этот показатель составил 2,80 %.

Таблица 3. Химический состав сушеного винограда (2022–2023 гг.), % массы сырого вещества

Сортообразец	Массовая доля сухих веществ	Титруемая кислотность	Сумма сахаров	Растворимый пектин	Протопектин	Сумма пектиновых веществ
Аттика	86,9	0,90	51,01	0,92	1,30	2,22
Володар	83,2	1,42	48,39	1,60	1,80	3,40
Кишмиш запорожский	84,5	2,12	50,54	1,42	1,58	3,01
Красотка	85,3	0,94	45,39	1,20	1,61	2,80
Марс	84,3	2,92	48,08	1,77	2,04	3,82
Гибрид 23-16-6-3	85,2	0,83	51,95	1,27	1,66	2,93
НСР _{0,05}	2,72	1,446	3,653	0,417	0,479	0,853

Дегустационную оценку свежего винограда проводили после сбора в потребительской степени зрелости. По результатам органолептической оценки все изучаемые сорта винограда характеризовались высоким качеством, что подтверждено высокими баллами – от 4,3 до 4,9 – в зависимости от сортообразца (табл. 4). Внешний вид и окраска ягод всех сортов соответствовали их помологическому описанию. У сорта Марс внешний вид и окраску оценили на 4,8 и 4,7 балла соответственно. Максимальный балл по консистенции свежих ягод был у сорта Аттика (4,8 балла). Консистенция ягод у всех сортов была сочной и плотной (4,4–4,8 балла). Вкус ягод гармоничный кисло-сладкий (4,4–4,9 балла) с ярко выраженным ароматом, присущим винограду (4,3–4,8 балла).

Таблица 4. Дегустационная оценка свежего винограда (2021–2022 гг.), балл

Сортообразец	Органолептические показатели				
	Внешний вид	Окраска	Консистенция	Аромат	Вкус
Аттика	4,8	4,9	4,8	4,8	4,9
Володар	4,7	4,6	4,5	4,6	4,6
Кишмиш запорожский	4,4	4,4	4,5	4,3	4,4
Красотка	4,7	4,7	4,7	4,6	4,8
Марс	4,8	4,7	4,4	4,4	4,5
Гибрид 23-16-6-3	4,7	4,7	4,6	4,7	4,7

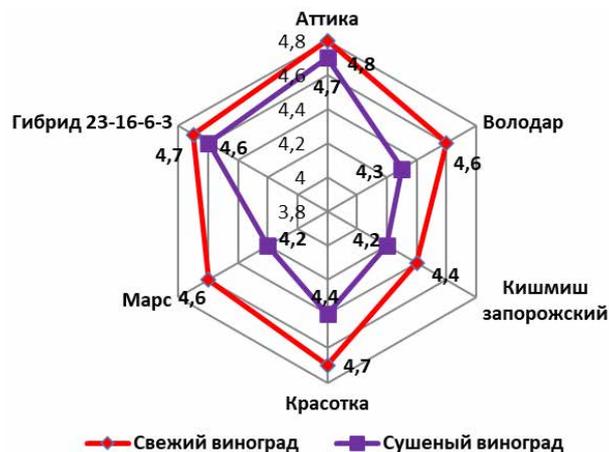
В ходе проведения органолептических исследований опытных образцов сушеного винограда установлено, что средние показатели качества (внешний вид, окраска, консистенция, аромат и вкус) всех опытных образцов снизилась по сравнению со свежими ягодами. Окраска сушеного винограда в зависимости от сорта была от черной до золотисто-коричневой. Внешний вид и окраска изучаемых образцов сушеного винограда оценены высоко у всех сортообразцов и находились в пределах от 4,3 до 4,8 балла. Максимальный балл за эти показатели был у сорта Аттика (4,8 балла). Консистенция у всех сортообразцов, присущая сушеному винограду, была приятной и эластичной. Максимальный балл за консистенцию был отмечен у сорта Аттика и гибрида 23-16-6-3 (4,6 балла). Вкус и аромат опытных образцов свойственны сушеному винограду, без постороннего привкуса. По аромату и вкусу выделился гибрид 23-16-6-3 (4,6 и 4,7 балла соответственно). У сорта Кишмиш запорожский оценка за вкус была минимальной и составила 3,9 балла (табл. 5).

Результаты органолептической оценки винограда после сушки показали снижение среднего дегустационного балла для всех исследуемых сортообразцов. Так, у сортов Красотка и Володар он снизился на 0,3 балла, у сорта Кишмиш запорожский – на 0,2 балла, у гибрида 23-16-6-3 и сорта Аттика – на 0,1 балла. Средний балл органолептической оценки изучаемых сортов сушеного винограда варьировался от 4,2 до 4,7, что говорит о высоких качествах продукта (см. рисунок).

Исходя из результатов опыта, можно подвести итог, что все опытные образцы винограда сушеного соответствуют ГОСТ 6882–88 [23].

Таблица 5. Органолептические показатели сушеного винограда (2022–2023 гг.), балл

Сортообразец	Органолептические показатели				
	Внешний вид	Окраска	Консистенция	Аромат	Вкус
Аттика	4,8	4,8	4,6	4,5	4,7
Володар	4,4	4,4	4,2	4,3	4,3
Марс	4,4	4,5	4,0	4,1	4,1
Кишмиш запорожский	4,4	4,3	4,1	4,1	3,9
Красотка	4,5	4,6	4,1	4,4	4,2
Гибрид 23-16-6-3	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7



Средний дегустационный балл свежего и сушеного винограда (2021–2023 гг.)

ВЫВОДЫ

Установлены диапазоны варьирования показателей по химическому составу свежего винограда в зависимости от сортообразца: сухие вещества – 15,7–21,5 %, растворимые сухие вещества – 15,0–19,9 %, титруемые кислоты – 0,40–0,87 %, сумма сахаров – 9,88–13,36 %, сумма пектиновых веществ – 0,24–0,27 %, сумма фенольных соединений – 157,46–284,62 мг/100 г.

Определено содержание химических соединений в сушеном винограде изучаемых сортообразцов: массовая доля сухих веществ в зависимости от образца варьировала от 83,2 (Володар) до 86,9 % (Аттика), титруемых кислот – от 0,83 (гибрид 23-16-6-3) до 2,92 % (Марс), сумма сахаров – 45,39–51,95 %, сумма пектиновых веществ – 2,22–3,82 %.

Сушеный виноград – это продукт, полностью готовый к употреблению, с хорошими органолептическими показателями (средняя дегустационная оценка – 4,2–4,7 балла).

В результате исследований определено соответствие опытных образцов сушеного винограда требованиям ГОСТ 6882–88 «Виноград сушеный. Технические условия» по органолептическим и физико-химическим показателям.

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 / Р. Э. Лойко. – Самохваловичи, 1998. – 305 с.
2. Лойко, Р. Э. Виноградный сад / Р. Э. Лойко. – Минск : Лазурек, 1999. – 176 с.
3. Лойко, Р. Э. Северный виноград / Р. Э. Лойко. – М. : Изд. дом МСП, 2003. – 256 с.
4. Lisek, J. Amatorska uprawa winorosli / J. Lisek. – Warszawa : Dzialkowiec Sp. z o.o., 2002. – 128 s.
5. Савченко, А. П. Биологические особенности винограда в условиях БССР : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 06.01.07 / А. П. Савченко ; Ин-т эксперим. ботаники и микробиологии. – Минск, 1965. – 21 с.
6. Козловская, З. А. Интродукция винограда и перспективы его выращивания в Беларуси / З. А. Козловская, А. В. Бут-Гусаим, В. Н. Устинов // Вестн. Полес. гос. ун-та. – 2009. – С. 37–43.
7. Оценка сортов винограда на пригодность к изготовлению сока прямого отжима / Г. А. Новик [и др.] // Плодоводство Беларуси: от традиций к инновациям : материалы Междунар. науч. конф., Самохваловичи, 18–19 авг. 2022 г. / Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – С. 129–133.

8. Качественная оценка сортов винограда, выращенных в условиях Беларуси, на пригодность ягод к замораживанию / М. Г. Максименко [и др.] // Плодоводство : сб. науч. тр. / Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – Т. 34. – С. 173–177.
9. Виноград свежий машинной и ручной уборки для промышленной переработки. Технические условия : ГОСТ 31782–2012. – Введ. 01.01.2014. – М. : Стандартинформ, 2014. – 8 с.
10. Производство сушеной продукции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studme.org/361323/agropromyshlennost/proizvodstvo_sushenou_produktsii. – Дата доступа: 25.05.2021.
11. Аджиев, А. М. Комплексно-устойчивые сорта винограда в Дагестане / А. М. Аджиев // Виноград и вино России. – 1998. – № 5. – С. 9–10.
12. Омаров, Ш. К.-М. Сортосы, агроэкологические и технические особенности сушки винограда в Дагестане с использованием гелиосушилок : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.07 ; 05.18.01 / Ш. К.-М. Омаров. – Махачкала, 2004. – 180 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. – Орел : ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
14. 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.
15. 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. – 7 [4] с.
16. Соки фруктовые и овощные. Метод определения титруемой кислотности = Соки з садавіны і агародніны. Метад вызначэння цитруемай кіслотнасці : СТБ ГОСТ Р 51434–2006. – Введ. 01.06.2007. – Минск : Госстандарт, 2007. – 5 с.
17. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров : ГОСТ 8756.13–87. – Взамен ГОСТ 8756.13–70 ; введ. 01.01.1989. – М. : Изд-во стандартов, 1987 ; Стандартинформ, 2010. – 10 с.
18. Методические указания по исследованию биологически активных веществ плодов / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова ; сост.: Г. Б. Самородова-Бианки, С. А. Стрельцина ; под ред. Г. Б. Самородовой-Бианки. – Л. : ВИР, 1979. – 47 с.
19. 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 : [б. и.], 1973. – 495 с.
20. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учеб. пособие / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
21. Халафян, А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных : учеб. пособие / А. А. Халафян. – 3-е изд. – М. : Бинном-Пресс, 2008. – 506 с.
22. Широ, Т. С. Биохимия и качество плодов / Т. С. Широ, И. В. Ярошевич ; науч. ред. Л. А. Юрченко. – Минск : Навука і тэхніка, 1991. – 294 с.
23. Виноград сушеный. Технические условия : ГОСТ 6882–88. – Взамен ГОСТ 6882–60 и ГОСТ 6883–69 ; введ. 01.01.1989. – М. : Изд-во стандартов, 1988 ; Стандартинформ, 2009. – 7 с.

PRODUCTION OF DRIED GRAPES FROM VARIETIES GROWN IN THE CONDITIONS OF BELARUS

G. A. NOVIK, M. G. MAKSIMENKO, A. M. KRIVOROT, O. S. KARANIK, D. I. MARTSINKEVICH

Abstract

The article presents the results of a two-year study to assess the suitability of 6 grape varieties (the Attica, Volodar, Kishmish zaporozhsky, Krasotka, Mars, hybrid 23-16-6-3) for the production of a product with low level of moisture content which is dried grapes.

Dried grapes account for 50 % of all dried fruits produced in the world. Dried grapes have high taste and nutritional qualities.

The solids content in fresh grapes was determined to be 15.7–21.5 %, soluble solids were defined to be 15.0–19.9 %. The mass fraction of solid substances in dried grapes was established to be 83.2–86.9 %. The amount of sugars in the varieties under study varied from 45.39 (Krasotka) to 51.95 % (hybrid 23-16-6-3).

Dried grapes are a product completely ready to be used, possessing good organoleptic characteristics. The average tasting score of dried grapes of all varieties was 4.2–4.7 points.

Conformity with the requirements of technical regulations of fresh grapes and the finished product was shown.

Keywords: berries, grapes, raisins, variety, drying, dried fruits, chemical composition, consistency, taste, organoleptic evaluation, Belarus.

Поступила в редакцию 01.04.2024

ОБЗОРЫ

УДК 634.737:631.534:631.535:581.143.6(048.8)

**СПОСОБЫ ВЕГЕТАТИВНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ
ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ**

Т. В. РАДКЕВИЧ

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

АННОТАЦИЯ

Саженцы голубики высокорослой – востребованный посадочный материал. Голубику относят к трудноукореняемым ягодным культурам. Для улучшения корнеобразования и дальнейшего доращивания укоренившихся черенков разработан ряд способов с применением различных препаратов.

В обзорной статье представлены основные сведения о современных вегетативных способах размножения голубики высокорослой: размножение отводками, полудревесневшими и одревесневшими черенками, микроклональное размножение.

Для промышленного выращивания голубики высокорослой следует применять размножение одревесневшими или зелеными черенками, которое обеспечивает получение генетически однородных саженцев, сохраняющих сортовую принадлежность и по своим хозяйственно ценным признакам не отличающихся от материнских растений. Размножение голубики высокорослой отводками в качестве промышленных способов нецелесообразно с экономической точки зрения, этот способ используется садоводами-любителями. В специализированных питомниках Республики Беларусь основным способом получения посадочного материала голубики высокорослой является микроклональное размножение черенков голубики высокорослой.

Ключевые слова: голубика высокорослая, способы вегетативного размножения, отводки, зеленые черенки, одревесневшие черенки, микроклональное размножение, Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Голубика высокорослая (*Vaccinium corymbosum* L.) отличается стабильной урожайностью, богатым биохимическим составом плодов, которые представляют собой ценный пищевой и лекарственный продукт. Их высокие пищевые и лечебно-профилактические качества делают голубику продуктом премиум-класса [1, 2].

В настоящее время одним из перспективных направлений плодово-ягодного производства в Республике Беларусь является выращивание ягод голубики высокорослой, данная ягодная культура занимает третье место после смородины черной и земляники садовой [3].

Возрастающая популярность голубики высокорослой обуславливает увеличение спроса на посадочный материал. Чтобы решить данную проблему, необходимо нарастить производство посадочного материала этой культуры, используя оптимальные технологии. Голубика высокорослая является трудноукореняемой культурой, поэтому учеными постоянно ведутся поиски средств и методов ускоренного размножения, позволяющего увеличить регенерационную способность голубики высокорослой [4].

1. Размножение одревесневшими черенками

Размножение одревесневшими черенками – один из наиболее дешевых и легких способов вегетативного размножения. Одревесневшие черенки легко заготавливать, они хорошо сохраняются, для укоренения не требуется специальное оборудование [5].

Одревесневшими являются черенки, нарезанные в конце периода активной вегетации из сильных, вызревших, чаще однолетних побегов. Кора этих развитых упругих побегов, уже подготовившихся к зиме, становится плотной. Одревесневшие черенки высаживают осенью или заготовленные для нарезки побеги хранят до весенней посадки [6].

Для успешного укоренения черенков необходимо создать условия достаточного уровня для жизнедеятельности черенка, пока произойдет его укоренение. Известно, что укоренение голубики происходит лучше в следующих условиях: высокая влажность воздуха, аэрация в зоне ризогенеза и температура воздуха и почвы +22 °С. При создании этих условий определяющими факторами успешности процесса укоренения являются также оптимальные сроки черенкования и используемый субстрат [7–9].

Для черенкования голубики высокорослой используют одревесневшие побеги формирования и ветвления, которые нарезают в маточных насаждениях с хорошо развитых здоровых кустов прошлого сезона зимой или ранней весной во время обрезки. В условиях Беларуси это можно делать в апреле перед набуханием почек. Для черенкования пригодны однолетние побеги формирования длиной 50–100 см и больше [10].

Исследованиями, проведенными в Национальном лесотехническом университете Украины, доказано, что лучшим исходным материалом для вегетативного размножения голубики высокорослой являются весенние одревесневшие черенки, заготовленные в марте, приживаемость которых без обработки составила 57 %, а при обработке стимулятором роста – 80 %, тогда как приживаемость летних зеленых черенков, нарезанных в июне, – 29 и 57 % соответственно. Следует также отметить, что пересаженные в оптимальные сроки черенки уже в июле дают прирост молодых побегов и нормально адаптируются к зимнему понижению температуры, тогда как высаженные в июне не всегда успевают хорошо вызреть до наступления холодов и часто поражаются морозами, вследствие чего снижается выход товарных саженцев [11].

В Бая-Лукском научно-исследовательском институте в Сербии на основании многолетних исследований по укоренению одревесневшими черенками голубики высокорослой установили, что оптимальным сроком для заготовки одревесневших черенков является конец января. Для укоренения голубики высокорослой очень важен выбор субстрата и его рН реакция, оптимальным субстратом в данных опытах оказалась смесь перлита и кислого торфа 1 : 2 и рН торфа со значением 4,4 [12].

Заготовленные одревесневшие побеги для черенкования собирают в пучки по 50–60 штук. Если побеги планируется высадить в течение недели, то их можно хранить в вертикальном положении в лотках при температуре от +1 до +4 °С в проветриваемом помещении во влажном сфагнуме. Для более длительных периодов черенки должны храниться без сфагнума в полиэтиленовых пакетах, предварительно удалив из них воздух. Лучше всего, если они не будут храниться дольше 3 недель. Непосредственно перед посадкой из заготовленных побегов нарезают черенки. Оптимальная их длина – от 10 до 15 см, диаметр – 0,5–1,2 см. Нижний срез делают косым, непосредственно под почкой, а верхний – горизонтальным, на 1,5–2,0 см выше почки [13–15].

Субстратом для укоренения является чистый верховой торф или смесь торфа с песком, корой или перепревшими опилками, за 3–4 ч перед посадкой субстрат необходимо увлажнить и установить хороший дренаж. В сочетании с предварительным замачиванием можно добиться высокой степени укореняемости. Благоприятное влияние на укореняемость одревесневших черенков оказывает подпочвенный подогрев субстрата. Для укоренения черенков голубики высокорослой используют также небольшие ящики и кассеты (мультипланты), что позволяет легко их перемещать после укоренения в другое место. В Польше для укоренения одревесневших черенков голубики высокорослой широко применяют брикеты-контейнеры небольших размеров (3 × 3 × 8 см), наполненные соответствующим субстратом [16].

Согласно опытам, проведенным в Кабардино-Балкарском государственном аграрном университете им. В. М. Кокова (Россия), сделаны выводы о положительном влиянии на укоренение одревесневших черенков голубики стимуляторов корнеобразования и используемого субстрата. Наилучшие результаты по укоренению одревесневших черенков получены при использовании

в качестве грунта верхового кислого торфа и смеси торфа с перлитом в соотношении 3 : 1 – получен наибольший процент приживаемости растений и наибольшее количество корней [17].

В лаборатории плодоводства Западно-Поморского технологического университета в Щецине (Польша) исследования проводили с целью изучения эффективности укореняемости одревесневших черенков голубики высокорослой в субстратах, содержащих торф, перлит и песок. Оценивали следующие параметры: количество и длину корней, процент укоренения черенков. Смесь перлита и кислого торфа оказались лучшими субстратами для укоренения черенков: у них был самый высокий процент укоренившихся растений (от 55 до 83 %) и наибольшее количество корней (от 7 до 14 шт.). Самые длинные корни образовались у растений, выращенных на субстратах, приготовленных из торфа и перлита (106 мм) [18].

Посадку одревесневших черенков голубики высокорослой начинают с апреля по май, после прекращения ночных заморозков и прогревания почвы до +10 °С. Вариант успешного укоренения голубики высокорослой – использование средств для укоренения (однократное опудривание сухим порошком нижних срезов черенков корнеобразователем). В теплице черенки обычно поливают интервально с помощью туманообразователей. После того, как они укоренились, их также следует поливать дождеванием, не следует допускать переувлажнения субстрата [13, 19].

Согласно опытам, проведенным в Кабардино-Балкарском государственном аграрном университете им. В. М. Кокова (Россия), сделаны выводы об улучшении корнеобразования у одревесневших черенков голубики высокорослой. Эффективным приемом является длительное (10 часов) замачивание их перед посадкой в растворе со стимуляторами роста «Корневин», «Рибав-Экстра», «Циркон» [17].

В Национальном университете Тохоку в Японии получены данные о влиянии обработки одревесневших черенков голубики высокорослой высокой концентрацией углекислого газа. Черенки высадили во влажную среду из торфяного мха и выращивали в камерах при комнатной температуре. Обогащение диоксидом углерода оказало положительное влияние на рост черенков голубики высокорослой. Эффект проявился в улучшении показателей укореняемости и приживаемости, более раннем укоренении, более длинных корнях и усиленном их росте. Сделан вывод, что применение углекислого газа является возможным средством для достижения более быстрого и эффективного размножения черенков голубики высокорослой [20].

С целью предотвращения поражения одревесневших черенков голубики высокорослой грибными болезнями необходимо проводить профилактические обработки фунгицидами в течение всего периода укоренения. При этом стоит обрабатывать не только черенки, субстрат, но и тару для укоренения. Необходимо проводить непрерывный мониторинг и работу со средствами защиты, а также увеличить вентиляцию и отрегулировать температурный режим [21, 22].

Таким образом, размножение одревесневшими черенками имеет свои преимущества. При укоренении одревесневших черенков к концу вегетационного сезона формируются растения крупных размеров. Недостатком является трудоемкость процесса, поскольку необходимо хранить заготовленные побеги в течение нескольких месяцев до начала черенкования [7, 23].

2. Размножение зелеными черенками

Зеленое черенкование – один из наиболее перспективных способов вегетативного размножения, позволяющий получать корнесобственные растения в промышленных масштабах. Оно основано на естественной способности растений к регенерации – восстановлению утраченных органов или частей, образованию целостных растений из облиственных стеблевых черенков после формирования придаточных корней [24].

Зелеными называют черенки растений, нарезанные с побегов текущего года, они достаточно гибкие, кора у них молодая и зеленая. У большинства видов древесных растений для черенка берут побег, у которого верхняя часть мягкая, а нижняя – полуодревесневшая: при нарезке из этого побега летних черенков используют среднюю часть побега. Зеленые черенки нарезают острым секатором и укореняют сразу после нарезки, не допуская высыхания [6].

В условиях Республики Беларусь заготовка побегов голубики высокорослой для зеленого черенкования начинается, когда побеги достигнут полуодревесневшего состояния, так как черенки, нарезанные из слишком молодых побегов, плохо укореняются, легко загнивают в субстрате.

Оптимальный срок черенкования – конец интенсивного роста побегов – начало их одревеснения. На корнеобразовательную способность зеленых черенков голубики высокорослой значительное влияние оказывает срок черенкования, что, в свою очередь, объясняется степенью вызревания древесины черенкуемого побега. Молодые, неодревесневшие побеги более подвержены влиянию перепадов температуры, влажности, болезням по сравнению с зелеными и одревесневшими черенками [25].

Согласно данным, полученным Т. В. Курлович и В. Н. Босак, лучшими сроками заготовки черенков для зеленого черенкования голубики высокорослой в условиях Беларуси является конец июня – первая половина июля [26]. По данным опытно-экспериментальной базы Журавинка ЦБС НАН Беларуси в Ганцевичах, оптимальный срок – вторая половина июля. Сроки черенкования могут изменяться также в зависимости от возраста маточных растений, их физиологического состояния, агротехники, эдафических условий и др. [22]. В производственных условиях Белорусской государственной сельскохозяйственной академии (г. Горки) черенкование продолжается в течение нескольких недель, период с 14 по 24 июля можно считать оптимальным для размножения голубики высокорослой зелеными черенками [27].

Побеги нарезают рано утром, когда их ткани содержат наибольший запас влаги, к месту черенкования доставляют в полиэтиленовых мешках. Используют побеги разных типов, но наибольшей корнеобразовательной способностью обладают побеги ветвления. Молодые, закончившие рост побеги ветвления обрывают резким движением книзу, чтобы у черенка сохранился кусочек прошлогодней древесины (так называемая пятка) [7, 28]. Оптимальное число листьев, оставляемых на черенках голубики высокорослой при их укоренении, – 3 шт. В этом случае черенки лучше всего приживаются, и растения формируются с достаточно высокими биометрическими параметрами [29, 30].

Согласно данным, полученным в Уманском национальном университете садоводства Украины, в Ботаническом саду Вильнюсского университета (Литва) и Мичуринском государственном аграрном университете (Россия), для размножения голубики высокорослой зелеными черенками были взяты черенки из побегов формирования. Черенки были заготовлены в период активного роста из базальной, медиальной и апикальной части побега голубики высокорослой. Более высокий процент укоренения черенков был получен с базальной и медиальной части побега, что обусловлено более интенсивной дифференцировкой тканей в них [31–33].

В Научно-исследовательском и селекционном институте помологии Головоусы (Research and Breeding Institute of Pomology Holovously) в Чехии в течение двух лет изучали способность к укоренению зеленых черенков при размножении голубики высокорослой. Согласно полученным данным, более высокий процент укоренения отмечается у зеленых черенков, заготовленных в июне, по сравнению с таковыми, взятыми в июле [34].

Особые требования предъявляются и к качеству субстрата: он должен быть водо- и воздухопроницаемым, теплоемким, достаточно плотным, не иметь семян сорняков, возбудителей болезней и вредителей. При размножении голубики высокорослой зелеными черенками в качестве субстрата эффективно применять торф мелкой фракции (0–20 мм) в сочетании с агроперлитом в соотношении 1:1, так как он обладает оптимальными для укоренения зеленых черенков голубики условиями водно-воздушного режима. При использовании торфа средней и крупной фракции наблюдается неравномерная оводненность субстрата, нарушается водно-воздушный режим, и кроме того, частицы разного размера могут препятствовать росту зачатков корней [35, 36].

На основании проведенных исследований учеными разных стран установлено, что субстраты существенно влияют на приживаемость зеленых черенков голубики высокорослой и на развитие корневых гнилей на них. Лучшими оказались комбинации «песок + торф» и «песок + опилки», где приживаемость составила 44–49 %, развитие корневых гнилей не превышало 27–31 %. Выявлено, что «торф + хвоя сосны» и верховой торф как субстрат для укоренения не пригодны [37, 38].

В результате проведенных исследований в Мичуринском государственном аграрном университете (Россия) установлено, что оптимальным субстратом для укоренения зеленых черенков голубики высокорослой является «торф + песок», занимающий 2/3 части ячейки, и 1/3 перли-

та, занимающего верхнюю часть пластиковой ячейки. Изучено влияние типа контейнера на ризогенез полуодревесневших черенков голубики высокорослой. Наилучший результат получен при укоренении полуодревесневших черенков в многоячейковых полимерных кассетах. Низкий процент укоренения отмечен в варианте с применением торфяных таблеток системы Jiffy-7, это объясняется тем, что происходило переувлажнение, которое привело к уменьшению корнеобразования [39].

Обработка черенков голубики высокорослой регуляторами роста – один из наиболее результативных приемов, стимулирующих процессы регенерации придаточных корней у зеленых черенков, что обеспечивает большой экономический эффект при малых затратах труда и средств [23].

Известно, что различное содержание ауксинов и ингибиторов роста в клетках и органах растений объясняет их неодинаковую способность к корнеобразованию. У трудноукореняемых растений преобладают ингибиторы, поэтому для активизации процессов используют различные препараты на основе соединений индольного класса. Для стимулирования корнеобразования зеленые черенки голубики высокорослой с «пяткой» эффективно обрабатывать спиртовым раствором индолил-3-масляной кислоты (ИМК) (5 г/л) или ростовой пудрой Ukorzeniacz (0,2 %) [40, 41].

В Мичуринском государственном аграрном университете (Россия) установлено, что наибольшей активностью ризогенеза обладает стимулятор роста β -индолилмасляная кислота. Отмечено, что ИМК при поступлении в зеленый черенок усиливает обмен веществ и активизирует деятельность камбия, что приводит к закладке корневых меристем и формированию придаточных корней. Позитивный эффект при укоренении голубики высокорослой зелеными черенками получен от замачивания в 0,1%-ном растворе *Циркона* на 8 ч и последующего опудривания перед посадкой *Корневином* (0,005 % ИМК) [4].

Согласно исследованиям, проведенным в питомниках Уманского национального университета садоводства (Украина), установлено, что биологически активное вещество КАНО (10%-ный раствор калийной соли α -нафтилуксусной кислоты) в зависимости от концентрации водного раствора стимулирует или ингибирует регенерационные процессы у черенков. Для стимулирования корнеобразовательных процессов у зеленых черенков голубики высокорослой была определена концентрация КАНО 15–20 мл/л [31].

Первостепенное значение в технологии размножения голубики высокорослой отводится отбору оптимального регулятора роста. Применение стимуляторов роста играет положительную роль в повышении устойчивости укорененных черенков голубики высокорослой к неблагоприятным внешним факторам и увеличении выхода товарных саженцев. Среди них наиболее эффективным оказался *Крезацин*: при обработке саженцев этим препаратом увеличился прирост надземной части растений, количество и площадь листьев [42–44].

Еще одной очень важной задачей, которую необходимо решить при черенковании, является стимуляция роста и развития побегов у укореняемых зеленых черенков. Одним из самых популярных и эффективных препаратов является удобрение *Кристалон* (Нидерланды). При поиске альтернативных аналогов в НАН Беларуси получен препарат *Наноплант*. В клетках черенков голубики высокорослой при действии *Нанопланта* продуцируются эндогенные гормоны – более эффективные стимуляторы роста и развития по сравнению с искусственными экзогенными гормональными препаратами [45].

При хороших условиях корни у зеленых черенков образуются в течение 6 недель. Далее необходимо не допускать переувлажнения и застоя влаги, обрабатывать зеленые черенки фунгицидами. На зиму укорененные черенки голубики высокорослой необходимо укрыть, а весной пересадить для доращивания. После 1–2-го года кусты пригодны для пересадки на постоянное место [9, 46].

Размножение зелеными черенками имеет ряд преимуществ с точки зрения легкости заготовки посадочного материала, так как зеленые черенки заготавливаются непосредственно перед посадкой на укоренение. Недостатком данного способа размножения является дороговизна специализированной теплицы и оборудования, а также затраты на уход при доращивании посадочного материала [23, 47].

3. Размножение отводками

Размножением отводками называют процесс, когда побеги материнского растения отделяются только после образования на них придаточных корней. Одновременно укоренить у одного растения, при желании, можно сразу несколько побегов. Этот способ давно применяется в садоводстве. Размножение отводками лучше всего проводить ранней весной, пока почки у растения не распустились. Однако можно эту процедуру проводить в течение лета и даже осенью.

Размножение отводками – процесс довольно длительный и позволяет получить очень незначительное количество новых растений. Отдельные ветви укладывают на землю и у основания засыпают опилками. Через 2–3 года на них могут появиться корни. Тогда ветку можно отделить от материнского куста и высадить на доращивание.

Можно также сильно обрезать куст, внести в почву минеральные удобрения, а вокруг куста устроить холодный парник, засыпав его опилками (толщина слоя опилок 25–30 см). Выросшие в текущем году молодые побеги через 2–3 года образуют корни. После этого парник убирают, а укоренившиеся ветви обрезают и высаживают на доращивание в школку или контейнеры. Через 1–2 года полученные саженцы можно высадить на постоянное место [7, 22].

Достоинством этого способа размножения голубики высокорослой является простота и минимальные затраты при выполнении, недостатком – длительное получение посадочного материала. Он позволяет получить очень незначительное количество новых растений, поэтому используется садоводами-любителями [48].

4. Микрклональное размножение

Микрклональное размножение (культура *in vitro*) – это использование метода, основанного на выращивании тканей, частей и органов растений в стерильных условиях на искусственной питательной среде. Сам технологический процесс производства саженцев голубики высокорослой с использованием культуры *in vitro* представляет собой следующую цепочку: базовые (исходные) растения – культура *in vitro* – адаптация *ex vitro* (адаптация к естественным условиям произрастания) – подращивание и получение стандартных саженцев. Данный метод может быть реализован исключительно в специализированных лабораториях, оснащенных соответствующим оборудованием, с помощью квалифицированного персонала. Растения голубики высокорослой, полученные методом микрклонального размножения, формируют больше побегов по сравнению с саженцами, выращенными из черенков, и, соответственно, требуют более интенсивной обрезки [13, 22].

Лучшей средой для введения в культуру и размножения *in vitro* голубики высокорослой является среда WPM (Woody Plant Medium). Определены оптимальные условия для укоренения *in vitro* и *ex vitro* растений-регенерантов голубики высокорослой. Установлено, что лучшим вариантом укоренения *in vitro* по комплексу показателей (количество укорененных растений, минимальное количество каллуса, длина корней, прирост побега) является культивирование регенерантов на питательной среде без индукторов ризогенеза и с использованием ИУК или ИМК в концентрации 0,3 мг/л. Длительность этапа ризогенеза *in vitro* составляет восемь недель. В результате проведенных исследований было установлено, что в условиях *in vitro* доля укорененных растений-регенерантов после восьми недель культивирования составила 93,3 %.

Лучшим этапом ризогенеза *ex vitro* стало укоренение растений-регенерантов на мхе *Sphagnum* L. со слоем верхового торфа без предварительной обработки ИМК. Длительность этапа ризогенеза *ex vitro* составила четыре недели. В результате анализа укореняемости растений-регенерантов голубики *ex vitro* установлено, что доля укоренившихся регенерантов на изучаемых субстратах колебалась от 64,3 до 97,1 %. Максимальное укоренение (более 90 %) отмечено на мхе со слоем верхового торфа, а также на верховом торфе без предварительной обработки микропобегов ИМК и на торфе со слоем перлита вне зависимости от концентрации ИМК [49, 50].

Этот способ имеет ряд преимуществ: способствует быстрому размножению; исключает необходимость в большом числе маточных растений; обеспечивает получение здорового посадочного материала и позволяет размножать растения круглый год. Растения голубики высокорослой, полученные микрклональным размножением, формируют больше побегов по сравнению с саженцами, выращенными из одревесневших и зеленых черенков. Недостатками данного метода

является размножение посадочного материала исключительно в специализированных лабораториях, оснащенных соответствующим современным оборудованием, с помощью квалифицированного персонала [7, 22].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возрастающая популярность голубики высокорослой обуславливает увеличение спроса на посадочный материал. Чтобы решить данную проблему, необходимо увеличить производство посадочного материала этой культуры, используя оптимальные технологии. Голубика высокорослая трудно укореняется, поэтому учеными постоянно ведутся поиски агроприемов ускоренного размножения, что позволит увеличить ее регенерационную способность.

Для промышленного выращивания голубики высокорослой следует применять способ размножения одревесневшими или зелеными черенками, который обеспечивает получение стандартных саженцев, сохраняющих сортовую принадлежность и по своим хозяйственно ценным признакам не отличающихся от материнских растений.

Размножение голубики высокорослой отводками для промышленных насаждений нецелесообразно с экономической точки зрения, этот способ используется садоводами-любителями.

В специализированных питомниках Республики Беларусь основным способом получения посадочного материала голубики высокорослой является микроклональное размножение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Голубика высокорослая: оценка адаптационного материала при интродукции в условиях Беларуси / Ж. А. Рупасова [и др.] ; под ред. В. И. Парфенова. – Минск : Беларус. навука, 2007. – 442 с.
2. Конобеева, А. Б. Брусничные в Центрально-Черноземном регионе / А. Б. Конобеева. – Мичуринск-наукоград РФ : Изд-во Мичур. гос. аграр. ун-та, 2007. – 230 с.
3. Пинчукова, Ю. М. Пищевая ценность плодов голубики / Ю. М. Пинчукова, С. Л. Масанский // Голубиководство в Беларуси: итоги и перспективы : материалы Респ. науч.-практ. конф., Минск, 17 авг. 2012 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Центр. ботан. сад ; редкол.: В. В. Титок (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2012. – С. 45–48.
4. Суслин, А. А. Особенности размножения голубики высокорослой в условиях ЦЧЗ РФ / А. А. Суслин, А. С. Пчелинцев // Вестн. Мичур. гос. аграр. ун-та. – 2011. – № 2, ч. 1. – С. 58–61.
5. Хвостова, И. В. Размножение плодовых культур одревесневшими и зелеными черенками / И. В. Хвостова, Э. В. Макарова // Интенсивные технологии возделывания плодовых культур / Е. М. Алехина [и др.] ; Рос. акад. с.-х. наук, Сев.-Кавк. зон. науч.-исслед. ин-т садоводства и виноградарства. – Краснодар, 2004. – С. 253–265.
6. Мак-Миллан Броуз, Ф. Размножение растений / Ф. Мак-Миллан Броуз ; пер. с англ. И. Г. Тараканова ; под ред. Н. В. Агафонова. – 2-е изд. – М. : Мир, 1992. – 192 с.
7. Курлович, Т. В. Голубика для любителей и профессионалов / Т. В. Курлович, В. Л. Филипеня. – М. : Де'Либри, 2021. – 168 с.
8. Размножение голубики американской отводками и зелеными черенками [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://murator-dom.pl/ogrod/pielegnacja-roslin/rozmnozanie-borowki-amerykanskej-przez-odklady-i-sadzonki-zielone-kiedy-i-jak-rozmnozacz-borowke-amerykanska-aa-beL7-hV43-zXuA.html>. – Дата доступа: 26.01.2024.
9. Pliszka, K. Borowka wysoka czyli amerykanska / K. Pliszka. – Warszawa : Wydaw. «Działkowicz», Sp. z o. o., 2002. – 48 s.
10. Лесные ягодные растения и орехи на садовом участке / Т. И. Бобровникова [и др.] ; под ред. В. А. Ипатьева. – Молодечно : Тип. «Победа», 2002. – 108 с.
11. Жмурко, С. В. Влияние стимуляторов роста на ризогенез черенков голубики высокой / С. В. Жмурко, Я. М. Парасюк, Н. П. Положевец // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений : сб. материалов XX Междунар. науч. конф., Красноярск, 11–12 апр. 2017 г. / М-во образования и науки Рос. Федерации, Сиб. гос. ун-т науки и технологий им. акад. М. Ф. Решетнева ; редкол.: Р. Н. Матвеева, О. Ф. Буторова, Н. П. Братилова. – Красноярск, 2017. – С. 48–50.
12. Oziljavanje visokozbunaste borovnice (*Vaccinium corymbosum* L.) zrelih reznicama / G. Zec [et al.] // Jugoslovensko vovarstvo. – 2001. – № 3-4.0, 35. – S. 117–123.
13. Голубика Плантс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://golubika.org/razmnozhenie-golubiki-cherenkami>. – Дата доступа: 15.01.2024.
14. Как размножить голубику? Самый простой способ размножения голубики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://deccoria.pl/artykuly/artykuly/jak-rozmnozacz-borowke-amerykanska-najprostszy-sposob-rozmnozania-borowki-w-uprawie-amatorskiej-5-14896>. – Дата доступа: 19.01.2024.
15. Павловский, Н. Б. Размножение голубики высокой (*Vaccinium corymbosum* L.) стеблевыми черенками / Н. Б. Павловский // Актуальные проблемы размножения садовых культур и пути их решения : материалы Междунар. науч.-метод. дистанц. конф., Мичуринск, 15–26 февр. 2010 г. / Рос. акад. с.-х. наук, Гос. науч. учреждение Всерос.

науч.-исслед. ин-т садоводства им. И. В. Мичурина ; редкол.: Ю. В. Трунов (гл. ред.) [и др.]. – Мичуринск, 2010. – С. 185–203.

16. Smolarz, K. Borowka i zurawina – zasady racjonalnej produkcji / K. Smolarz. – Warszawa : Hortpress, Sp. z o. o., 2009. – 256 s.

17. Расулов, А. Р. Размножение голубики одревесневшими черенками / А. Р. Расулов, Б. Б. Бесланев, М. М. Ханцев // Междунар. науч.-практ. конф. «Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия», посвящ. 80-летию со дня рождения первого Президента Кабардино-Балкар. Респ. Валерия Мухамедовича Кокова, Нальчик, 14–15 окт. 2021 г. / М-во сел. хоз-ва РФ, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Кабардино-Балкар. гос. аграр. ун-т им. В. М. Кокова» ; редкол.: Ф. С. Зумакулова [и др.]. – Нальчик, 2021. – Ч. 2. – С. 162–166.

18. Ochmian, I. The influence of the substrate on the development of the root system in softwood cutting and hardwood cutting of the highbush blueberry, bluecrop cultivar / I. Ochmian, A. Saniewska // Folia Pomeranae Univ. Technologiae Stetinensis ser. agricultura, alimentaria, piscaria et zootechnica (FPUTS). – 2012. – № 296 (23). – P. 81–90.

19. Mainland, C. M. Propagation of blueberries / C. M. Mainland // Blueberries for growers, gardeners, promoters / ed.: N. F. Childers, P. M. Lyrene. – Florida, Gainesville : E. O. Painter Printing Co, Inc., 2006. – P. 49–55.

20. Growth responses of blueberry softwood cuttings to atmospheric carbon dioxide enrichment / E. Prokaj [et al.] // Tohoku j. of agricultural res. – 2004. – Vol. 54, iss 3. – P. 13–21.

21. Размножение голубики высокорослой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://smallfruits.org/files/2019/06/03BlueberryPropagationSuggestions.pdf>. – Дата доступа: 18.01.2024.

22. Павловский, Н. Б. Методы вегетативного размножения голубики высокой (*Vaccinium corymbosum* L.) / Н. Б. Павловский // Плодоводство : сб. науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства» ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2010. – Т. 22. – С. 328–340.

23. Юрина, Л. В. Садовые новинки: ягодные культуры / Л. В. Юрина. – М. : АСТ, Астрель, 2003. – 394 с.

24. Аладина, О. Н. Оптимизация технологии зеленого черенкования садовых растений / О. Н. Аладина // Изв. Тимирязев. с.-х. акад. – 2013. – Вып. 4. – С. 5–22.

25. Нупрейчик, А. П. Влияние сроков заготовки и типа субстрата на укореняемость черенков сортовой голубики высокорослой (*V. corymbosum* L.) / А. П. Нупрейчик, Л. С. Рудко // Вестн. Башк. гос. пед. ун-та им. М. Акмуллы. – 2020. – № 1 (54). – С. 137–143.

26. Курлович, Т. В. Голубика высокорослая в Беларуси / Т. В. Курлович, В. Н. Босак. – Минск : Беларус. навука, 1998. – 176 с.

27. Ковалевич, Т. И. Определение влияния сроков черенкования голубики высокой на укореняемость / Т. И. Ковалевич // Хозяйственная деятельность и окружающая среда : материалы фак. науч. конф., Горки, 18 дек. 2008 г. / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь [и др.] ; редкол.: Т. Ф. Персикова (отв. ред.) [и др.]. – Горки, 2009. – С. 63–65.

28. How to propagate blueberry bushes [Electronic resource]. – Mode of access: <https://gardenerspath.com/plants/fruit/propagate-blueberries/>. – Date of access: 23.01.2024.

29. Павловский, Н. Б. Регенерационные способности зеленых черенков *Vaccinium* × *Covilleum* But. et Pl. (*V. corymbosum* L.), заготовленных с разных типов побегов и с различным числом листьев / Н. Б. Павловский // Совершенствование сортимента плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда в современных условиях хозяйствования : материалы междунар. науч.-практ. конф., пос. Самохваловичи, 28–30 авг. 2007 г. / РУП «Ин-т плодоводства» ; редкол.: В. А. Матвеев (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2007. – С. 271–274.

30. Павловский, Н. Б. Влияние сроков черенкования на регенерационную способность зеленых черенков *Vaccinium* × *Covilleum* But. et Pl. (*V. corymbosum* L.) / Н. Б. Павловский // Вестн. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. биол. наук. – 2008. – № 2. – С. 14–19.

31. Пыжьянова, А. А. Особенности выращивания посадочного материала голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) из зеленых стеблевых черенков в условиях Правобережной Лесостепи Украины / А. А. Пыжьянова, А. Ф. Балабак // Сел. хоз-во – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. / Гродн. гос. аграр. ун-т ; редкол.: В. К. Пестис (отв. ред.) [и др.]. – Гродно, 2013. – Т. 22. – С. 136–142.

32. Кирина, И. Б. Размножение голубики высокой зелеными черенками в условиях Тамбовской области / И. Б. Кирина // Вестн. Мичур. гос. аграр. ун-та. – 2006. – № 2. – С. 108–110.

33. Stackeviciene, E. Propagation of blueberries by soft cuttings [Выявление сортов и селекционных линий голубики, способных к размножению зелеными черенками (Литва)] / E. Stackeviciene // Biologija. – 2002. – № 1. – P. 81–83.

34. Kosina, J. Množitelnost některých méně rozšířených ovocných plodin bylinnými řízkami = Propagation ability of selected less known fruit crops by softwood cuttings / J. Kosina // Inovace pěstování ovocných plodin / Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský Holovousy s. r. o. – Holovousy, 2007. – С. 165–170.

35. Кузнецова, Л. М. Торфяные грунты. Субстрат для укоренения зеленых черенков трудноукореняемых ягодных и декоративных кустарников / Л. М. Кузнецова, А. А. Галактионов // Тр. ВНИИТП. – 1990. – Вып. 55. – С. 99–108.

36. Подбор оптимального субстрата для размножения голубики высокорослой зелеными черенками / М. П. Мацкевич [и др.] // Доклады ТСХА : сб. ст. / Рос. гос. аграр. ун-т – МСХА им. К.А. Тимирязева ; редкол.: В. Г. Борулько [и др.]. – М., 2020. – Вып. 292, ч. V. – С. 332–336.

37. Брукиш, Д. А. Развитие корневых гнилей при зеленом черенковании голубики высокорослой / Д. А. Брукиш, Е. А. Вакульчик // Защита растений – проблемы и перспективы : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 40-летию фак. защиты растений / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Гродн. гос. аграр. ун-т. ; сост.: Г. А. Зезюлина, Д. А. Брукиш, М. А. Калясень. – Гродно, 2002. – С. 14–16.

38. Павловский, Н. Б. Влияние типа почвенного субстрата и его температурного режима на регенерационные способности зеленых черенков *Vaccinium × Covilleianum* But. et Pl. (*V. corymbosum* L.) / Н. Б. Павловский // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2008. – № 3. – С. 16–19.
39. Курагодникова, Г. А. Влияние типа контейнера и субстрата на степень укореняемости голубики высокорослой / Г. А. Курагодникова, А. О. Якименко // Наука и Образование. – 2021. – Т. 4, № 4. – 161 с.
40. The influence of propagation method on growth of the half-highbush blueberry 'Northblue' / T. Albert [et al.] // Acta Horticulturae. – 2009. – Vol. 812. – P. 141–146.
41. Оптимизация технологии зеленого черенкования голубики высокорослой / Ю. В. Воскобойников [и др.] // Плодоводство и ягодоводство России : сб. науч. работ / Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства ; редкол.: И. М. Куликов (гл. ред.) [и др.]. – М., 2019. – Т. 59. – С. 53–60.
42. Потапов, С. А. Изучение особенностей зеленого черенкования голубики высокорослой в Калужской области [Обработка черенков ИМК и Корневином] / С. А. Потапов, П. П. Мацкевич, М. П. Мацкевич // Актуальные вопросы агрономической науки в современных условиях : материалы науч.-практ. конф. агр. фак. / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Рос. гос. аграр. заоч. ун-т ; редкол.: М. И. Демина, Л. Л. Носова. – М., 2017. – Вып. 12. – С. 99–101.
43. Пчелинцев, А. С. Роль регуляторов роста при размножении голубики высокорослой зелеными черенками / А. С. Пчелинцев, А. А. Суслин // Проведение научных исследований в области сельскохозяйственных наук : материалы Всерос. конф. с элементами науч. шк. для молодежи, 30 нояб. – 2 дек. 2009 г. / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Мичур. гос. аграр. ун-т, Межрегион. обществ. орг. «Акад. менеджмента и рынка» ; редкол.: А. В. Никитин [и др.]. – Мичуринск-Наукоград РФ, 2009. – Ч. 1. – С. 177–180.
44. Курагодникова, Г. А. Влияние стимуляторов роста, макро- и микроэлементов на биометрические показатели укоренившихся черенков голубики высокорослой в период доращивания / Г. А. Курагодникова, А. О. Якименко // Наука и Образование. – 2021. – Т. 4, № 2. – С. 404.
45. Применение Нанопланта при размножении голубики зелеными черенками и одревесневшими черенками / С. Г. Азизбекян [и др.] // Опыт и перспективы выращивания нетрадиционных ягодных культур на территории Беларуси и сопредельных стран : материалы Междунар. науч.-практ. семинара, Минск, 27–29 сент. 2023 г. / редкол.: Ф. И. Привалов (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2023. – С. 8–11.
46. Preece, J. E. A century of progress with vegetative plant propagation / J. E. Preece // HortSci. – 2003. – № 38. – P. 1015–1025.
47. Поликарпова, Ф. Я. Выращивание посадочного материала зеленым черенкованием / Ф. Я. Поликарпова, В. В. Пилюгина. – М. : Росагропромиздат, 1991. – 96 с.
48. Коломийцева, В. Ф. Вегетативное и генеративное размножение высокорослой голубики / В. Ф. Коломийцева // Брусничные в СССР : Ресурсы, интродукция, селекция : сб. науч. тр. / АН СССР, Сиб. отд-ние, Центр. сиб. ботан. сад ; отв. ред.: А. Б. Горбунов, А. Ф. Черкасов. – Новосибирск, 1990. – С. 273–279.
49. Божидай, Т. Н. Влияние типа экспланта на регенерационную способность черники, голубики, брусники и клюквы на этапе введения в культуру *in vitro* / Т. Н. Божидай, Н. В. Кухарчик // Плодоводство : сб. науч. тр. / РУП «Ин-т плодоводства» ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Самохваловичи, 2014. – Т. 26. – С. 241–247.
50. Божидай, Т. Н. Укоренение *in vitro* и *ex vitro* голубики высокорослой сорта Duke / Т. Н. Божидай, Н. В. Кухарчик // Опыт и перспективы возделывания голубики на территории Беларуси и сопредельных стран : материалы междунар. науч. конф., Минск, 17–18 июля 2014 г. / Нац. акад. наук Беларусі, Центр. ботан. сад ; редкол.: В. В. Титок (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2014. – С. 15–21.

METHODS OF VEGETATIVE PROPAGATION OF HIGHBUSH BLUEBERRY

T. V. RADKEVICH

Abstract

Seedlings of highbush blueberries are in demand as planting material. Blueberry is considered to be a hard-rooted berry crop. To improve root formation and further growing of rooted cuttings, a number of methods have been developed with the use of various preparations.

The review article presents basic information about present-day vegetative propagation methods of highbush blueberry: reproduction by layering, semi-hardwood and hardwood cuttings and microclonal propagation.

For commercial cultivation of highbush blueberry the propagation with hardwood and softwood cuttings should be used as it ensures the production of genetically homogeneous seedlings that retain variety identification and do not differ from maternal plants in terms of their economically valuable traits. The propagation of highbush blueberries with layers as an industrial method is not feasible from an economic point of view; this method is used by amateur gardeners. In the specialized nurseries of the Republic of Belarus microclonal propagation is considered to be the primary way of obtaining planting material of highbush blueberry.

Keywords: highbush blueberry, methods of vegetative propagation, layering, softwood cuttings, hardwood cuttings, microclonal propagation, Belarus.

Поступила в редакцию 27.03.2024

БАКТЕРИАЛЬНЫЙ РАК ПЛОДОВЫХ РАСТЕНИЙ (*PSEUDOMONAS SYRINGAE* PV. *SYRINGAE*)

В. Ю. ЛАГОНЕНКО

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

АННОТАЦИЯ

Обзорная статья содержит информацию о распространении и основных симптомах бактериального рака – одного из наиболее опасных заболеваний плодовых растений, которое вызывают фитопатогенные бактерии *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. Приведены данные о цикле развития, факторах вирулентности и способах идентификации патогена, а также информация о мерах контроля заболевания, в том числе с использованием средств химической и биологической защиты растений. Собраны основные сведения об устойчивости сортов и гибридов к бактериальному раку в естественной среде и условиях *in vitro*.

Ключевые слова: *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, Pss, бактериальный рак, бактериоз плодовых растений, идентификация возбудителя бактериального рака, контроль бактериального рака.

ВВЕДЕНИЕ

Восприимчивость плодовых растений к бактериальному раку, причиной которого являются фитопатогенные бактерии *Pseudomonas syringae* van Hall, определяет необходимость разработки комплекса мероприятий по снижению потерь от заболевания по всему миру [1–6]. Согласно подавляющему числу проанализированных литературных источников, у восприимчивых плодовых растений не обнаружено иммунных к бактериальному раку сортов и гибридов, однако регистрируется разная степень устойчивости, которая может варьировать в зависимости от способа заражения [7–10], плотности бактериальной культуры [11, 12], вирулентности штамма-возбудителя [13, 14], комбинации «растение – год» [15], географического расположения насаждений [16] и пр.

Оптимальным способом борьбы с заболеваниями, вызванными бактериями *P. syringae*, считается использование устойчивых сортов. В настоящее время по всему миру активно проводится анализ существующих сортов и гибридов восприимчивых растений, а также ведутся работы по выведению устойчивых форм [7, 17–21].

Согласно данным, полученным отечественными исследователями (Л. Н. Григорцевич, 1974; Н. А. Коновалова, 1983; М. Г. Мялик, 1983; В. Н. Копица, 1998) во второй половине XX в., в Республике Беларусь заболеваниями, которые вызывают фитопатогенные бактерии *P. syringae*, в наибольшей степени подвержены такие хозяйственно ценные растения, как груша, черешня и вишня [19, 22–24]. В связи с постоянным обновлением сортимента вышеозначенных растений, а также известными ограничениями на выполнение исследований в открытом грунте, становится очевидной целесообразность оценки устойчивости сортов и гибридов плодовых культур к бактериальному раку, в том числе в условиях *in vitro* с применением современных методов.

Общие сведения о заболевании и возбудителе. Бактериальный рак плодовых культур представляет собой одно из наиболее вредоносных заболеваний, ежегодно причиняющее ущерб питомникам, садоводческим хозяйствам и приусадебным участкам по всему миру: ограничивает срок жизни деревьев, а также существенно снижает урожайность и качество древесины [1, 25].

Возбудитель заболевания впервые был выделен М. Бейеринком (M. W. Beijerinck) в 1899 г. из больных растений сирени (*Syringa vulgaris* L.) [26]. В 1902 г. патоген был охарактеризован ван Халлом (C. J. J. van Hall) и получил название *Pseudomonas syringae* van Hall [26, 27]. *P. syringae* представляют собой флюоресцирующие грамотрицательные аэробные подвижные палочковидные бактерии с полярными жгутиками, распространение и эпифитотийные свойства которых имеют общемировое значение [1, 26–28].

Проблема бактериального рака привлекает внимание ученых со второй половины прошлого века. Сообщения о заболевании и выделении возбудителя появлялись в США, Великобритании, странах Южной Америки [3–5; 28, 29], а также в странах, граничащих с Беларусью [6, 9, 30, 31]. В Республике Беларусь бактериальный рак и его возбудитель впервые выявлен Л. Н. Григорцевич в 1967 г. в совхозе «Патрики» Брестской области на растениях груши, а впоследствии был обнаружен и на растениях сливы, черешни и яблони [23, 32]. Дальнейшим изучением заболевания, а также характеристикой сортовой устойчивости к бактериальному раку плодовых культур в нашей стране занимались Л. Н. Григорцевич, Н. А. Коновалова, М. Г. Мялик, В. Н. Копица [17–19, 32].

В последние три десятилетия интерес к бактериальному раку возрастает по всему миру. Связано это с интенсификацией плодоводства, увеличением площадей, занятых под молодые сады, и отсутствием эффективных мер контроля заболевания [33–37].

Анализ масштабного поражения вишневых садов, проведенный в Турции (регион Мармара) в 2016–2018 гг., показал уровень распространенности бактериального рака в 58,88 % [37]. В 2012 г. в одном из садов Сербии от бактериального рака в течение одного вегетационного периода погибло более 500 растений черешни [33]. В 2012–2014 гг. в 24 садах Туниса вспышка бактериоза цитрусовых, возбудителем которого были штаммы *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, привела к серьезным потерям урожая [38, 39]. В центральной Италии в 2006 г. в результате вспышки инфекции на интродуцированных сортах абрикоса Lillycot, Mangocot, Orangecot и Sweetcot погибла треть однолетних насаждений в регионе [40]. С 1999 по 2001 г. в провинциях Эрзурум, Эрзинджан и Артвин в Турции бактериальным раком было поражено почти 80 % абрикосовых деревьев в коммерческих садах и на приусадебных участках [41].

Активно накапливающиеся данные о вредоносности бактерий *P. syringae*, разнообразии вызываемых ими симптомов и увеличение перечня восприимчивых культур привели к появлению условного обозначения – «комплекс бактерий *P. syringae*» (*P. syringae sensu lato*) [42–44]. Вопрос таксономии комплекса, широко обсуждающийся последние 40 лет, до сих пор остается открытым. В настоящее время комплекс включает в себя 15 родственных видов фитопатогенных бактерий рода *Pseudomonas* и более 60 патоваров *P. syringae* (*sensu stricto*) [43, 45, 46]. Разделение на патовары также является предметом дискуссий и определяется, в основном, диапазоном растений-хозяев и симптоматикой.

Из всех представителей комплекса наибольший ущерб мировому плодоводству наносят бактерии *P. syringae* pv. *syringae* (*Pss*), *P. syringae* pv. *morsprunorum* (*Psm*) [13, 47, 48], а также два карантинных объекта – *P. syringae* pv. *actinidiae* и *P. syringae* pv. *persicae* [49, 50]. Среди относительно узкоспециализированных патоваров бактерии *Pss* обладают самым широким кругом растений-хозяев. Известно порядка 180 видов косточковых и семечковых плодовых культур, а также орехоплодных, ягодных, злаковых, овощных и декоративных растений, причиной заболевания и гибели которых являются бактерии *Pss* [5, 26, 35–37, 46, 48, 51–54]. Более того, список растений-хозяев и ареал распространения бактерий *Pss* продолжает пополняться, что свидетельствует о важном эпифитотийном значении данного патогена и актуальности проводимых в настоящее время исследований [55–59].

По данным отечественных исследователей, в Республике Беларусь наибольший вред бактериальный рак наносит таким хозяйственно ценным культурам, как груша, черешня и вишня. Также поражаются растения яблони и сливы [22, 23, 31]. Вспышки раковых заболеваний в Республике Беларусь наблюдали после холодных зим 1995–1996, 1997–1998, 2002–2003 гг. [32, 60].

Цикл развития возбудителя и симптомы бактериального рака плодовых растений. Вредоносность бактериального рака плодовых культур может варьировать в зависимости от патогенных свойств его возбудителя, состояния восприимчивых растений и условий окружающей среды.

Так как природным резервуаром бактерий *Pss* являются сорная и дикорастущая растительность, а также дождевая вода и снег [61, 62], распространению первичного инокулюма на возделываемые сельскохозяйственные культуры способствуют ветер, дождливая сырая погода, туман, а также, в незначительной степени, насекомые [63, 64].

Входными воротами для инфекции являются раны, полученные в результате обрезки, сильного ветра, града и пр., и естественные отверстия – устьица, чечевички и листовые рубцы [52].

Развитие бактериального рака плодовых культур, а также распространение патогена происходит согласно циклу, представленному на рис. 1. Являясь сильными эпифитами, бактерии *Pss* способны долгое время бессимптомно колонизировать филлосферу, а после достижения определенной численности и наступления подходящих условий переходить к эндофитному существованию – внедряться в растительную ткань, инициируя затем развитие болезни [53, 65, 66]. Опытным путем доказана отрицательная корреляция между частотой инфицирования бактериями *Pss* и ростом температуры, а также строгая положительная корреляция с повышением влажности. В экспериментах по искусственному заражению цветочных почек манго было показано, что максимальная частота инфицирования (80–93 %) была достигнута при высокой влажности (более 93–100 %) и относительно низкой температуре (15–19 °С). При этом частота инфицирования значительно падала (до 58–75 %) при снижении влажности и повышении температуры [64].

Активное развитие популяций патогена и манифестация заболевания в регионах с умеренным климатом может проходить весной, ранним летом и осенью в условиях низких положительных температур, а также высокой влажности [52]. Значительное влияние погодных условий на развитие бактериального рака было зарегистрировано в 2015–2016 гг., когда феномен Эль-Ниньо послужил причиной резкого повышения численности бактерий *Pss* и масштабного роста вспышек данного заболевания в странах Южной Африки и Южной Америки [67]. Обследования плодовых насаждений по садовым зонам Республики Беларусь, проведенные в 90-х гг. прошлого века, установили, что наиболее благоприятные для развития бактериального рака условия наблюдаются в западной подзоне центральной садовой зоны и в южной садовой зоне [19].

Летом развитие заболевания замедляется, так как снижается плотность бактериальной популяции и повышаются защитные силы растений [52, 60]. Проведенные исследования во время вспышки бактериального рака 2011–2012 гг. в садах черешни в Сербии показали, что в сухую жаркую погоду скорость роста раковых язв заметно снижается и практически исчезает камедетечение, а пораженные участки отделяются от здоровых растущей каллусной тканью [34]. Анализ содержания бактерий *Pss* в инфицированных тканях выявил колебания их численности от 10^6 – 10^8 КОЕ/г в феврале – апреле до 10^2 КОЕ/г в июле – августе [53, 68].

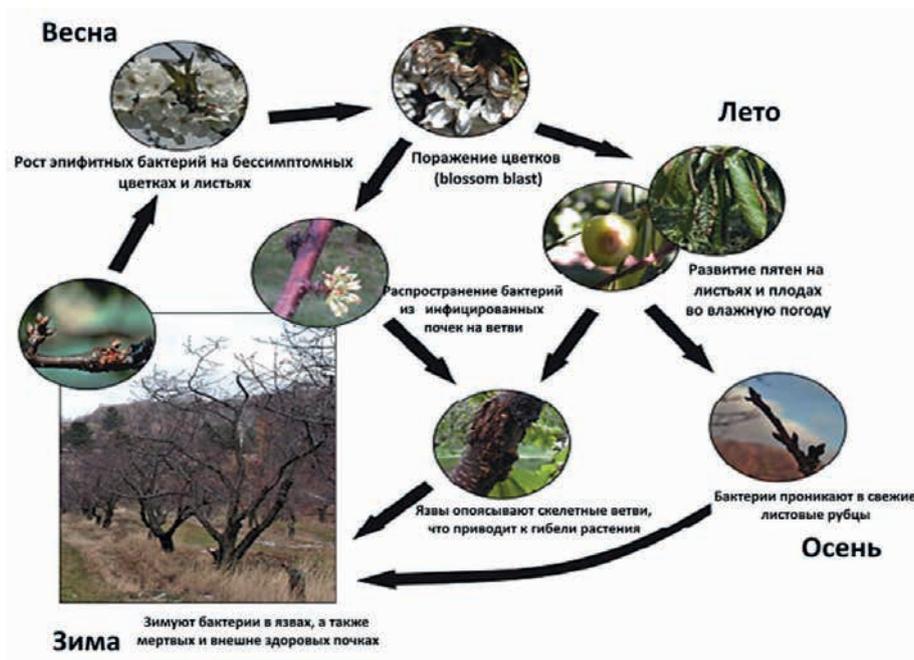


Рис. 1. Цикл развития бактериального рака плодовых растений, вызванного *Pss**

* Перевод автора.

Бактерии *Pss* вызывают заболевания всех надземных органов у восприимчивых культур, а симптомы варьируют в зависимости от пораженной культуры, сорта, фенологии и состояния растения, погодных условий и фитопатогенных свойств штамма, в связи с чем название «бактериальный рак» (*bacterial canker sensu lato* [9]) является обобщающим и объединяет признаки, указывающие на поражение органов и тканей бактериями *Pss* [66]. Данные признаки могут встречаться в литературе как синонимичные бактериальному раку названия.

Принято считать, что наибольшую вредоносность представляют язвенные поражения коры штамба и скелетных ветвей дерева [53, 69], так как развитие язв носит опоясывающий характер и приводит к гибели дерева. Являясь одними из мест зимовки патогена, язвы приводят к уменьшению числа жизнеспособных генеративных и вегетативных почек и постепенному отмиранию скелетных ветвей и побегов. Если к весне зараженная почка не погибает, патоген развивается эпифитно и при достижении оптимальной численности переходит к эндофитной фазе, вызывая пятнистости или увядание цветков и листьев [53].

Широкий спектр симптомов, а также восприимчивых культур обусловлены способностью бактерий *Pss* продуцировать ряд факторов вирулентности, отвечающих за адаптацию и противостояние растительному иммунитету: от физических барьеров, таких как восковой слой и кутикула, до специфических внутриклеточных защитных механизмов, распознающих внедрение патогена.

Факторы вирулентности бактерий *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. К факторам вирулентности, определяющим стратегию взаимодействия бактерий *Pss* с восприимчивыми растениями, относятся токсины, система секреции третьего типа (ССТТ), сидерофоры, белки нуклеации льда, экзополисахариды, экзоферменты, фитогормоны и пр. [52, 70]. Набор факторов вирулентности штаммов *Pss* зависит от конкретной патосистемы [71]. В данном обзоре рассматриваются факторы, которые использовались автором работы для характеристики и диагностики штаммов возбудителя бактериального рака, выделенных на территории Республики Беларусь.

Порообразующие токсины бактерий *Pss* – это циклические липодепептиды (цЛДП) малых и больших форм, которые отличаются друг от друга размером молекул, диаметром образующих пор и биологической активностью [72]. Амфифильные молекулы цЛДП (рис. 2, а) встраиваются в цитоплазматическую мембрану растительных клеток, вызывая дисбаланс ионов K^+ , H^+ и Ca^{2+} . Последующее снижение pH нарушает электрический потенциал мембраны, что ведет к запуску сигнального каскада, летального для растительной клетки (рис. 2, б) [73]. Эксперименты с нокаутом генов биосинтеза мембранотропных токсинов, а также искусственная инокуляция очищенных препаратов цЛДП показали, что именно они способствуют развитию некроза пораженных растительных тканей [71, 74–76] (рис. 2, в, з).

Подавляющее большинство штаммов *Pss*, выделенных из косточковых и семечковых плодовых культур, а также цитрусовых, орехоплодных, злаковых, бобовых и других растений, продуцируют одну из молекул малых цЛДП – **сирингомицин** [77–80], в связи с чем анализ последовательностей, кодирующих продукцию этого токсина, используется также и для диагностики возбудителя бактериального рака [81, 82].

Биосинтез сирингомицина индуцируют сигнальные молекулы – фенольные гликозиды, содержащиеся в тканях восприимчивых к *Pss* растений [81, 83, 84]. Арбутин – сильный индуктор продукции сирингомицина – составляет 3–5 % по массе от листьев (*Pyrus communis*) [81, 85]. В тканях вишни (*Prunus avium*) найдено три фенольных гликозида, также являющихся сильными индукторами продукции цЛДП; один из них – дигидровогонин-7-глюкозид – составляет 1,1 % по массе флоэмы [81].

В свою очередь, индуцирующая активность фенольных гликозидов повышается за счет молекул сахаров, что приводит к значительному увеличению биосинтеза сирингомицина [77, 81, 86]. В исследованиях N. V. Quigley, Y.-Y. Mo и D. C. Gross для некоторых штаммов *Pss* показано увеличение продукции сирингомицина в 2–5 раз на среде, содержащей арбутин и D-фруктозу; авторы пришли к выводу, что химический состав тканей растений, восприимчивых к бактериям *Pss*, оказывает существенное влияние на инфекционный процесс [85, 87]. В работе F. Santi с соавт. отмечается, что в полевых условиях бактериальный рак вишни встречался чаще у двухлетних (и старше) растений и гораздо реже – у однолетних, что авторы также связали с накоплением в тканях растений фенольных соединений [88].

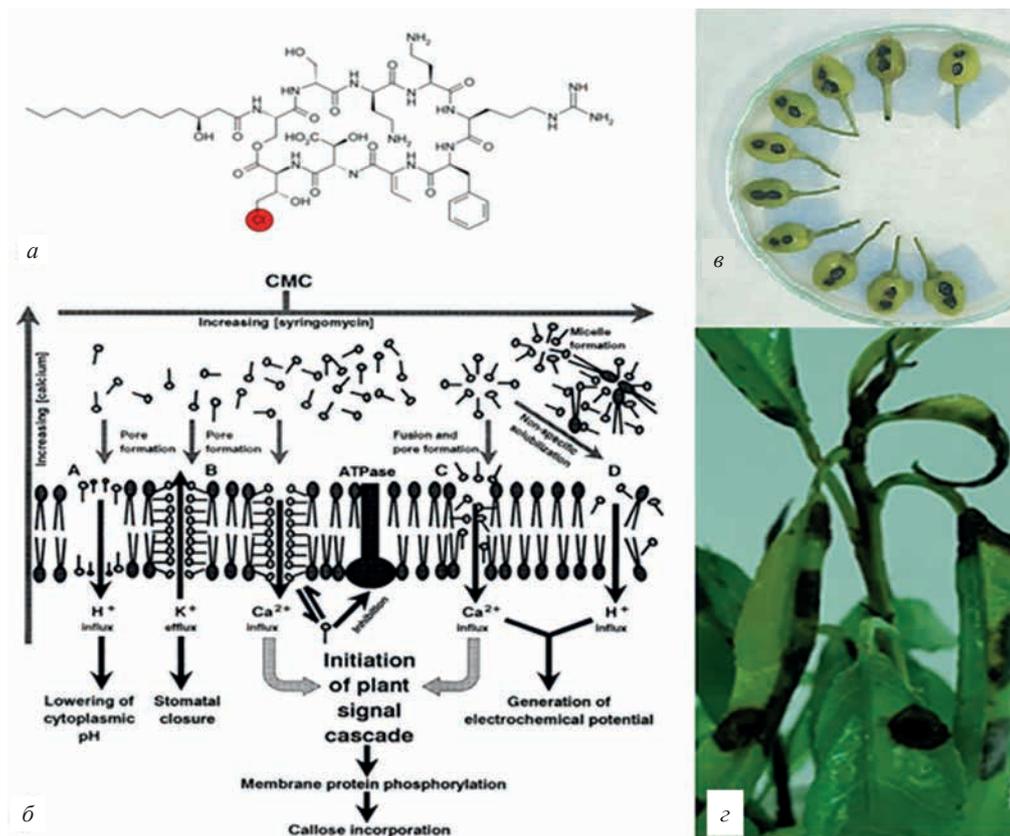


Рис. 2. Модель действия ЛДП при взаимодействии патогена и растительных клеток на примере синрингомицина: а – строение амфифильной молекулы синрингомицина; б – механизм фитотоксического действия синрингомицина; в, г – некроз растительных тканей после искусственной инокуляции синрингомицинпродуцирующих штаммов *Pss*

К накоплению фенольных индукторов синтеза синрингомицина может приводить также нарушение углеродно-азотного баланса вследствие нехватки азотных удобрений и/или поражения нематодами [83, 89]. Показано, что у ослабленных растений язвы и другие некротические поражения развиваются более интенсивно, чем у деревьев без дефицита азота [83]. Проведенные полевые испытания по влиянию медьсодержащих препаратов и NPK-удобрений на развитие бактериального рака показали, что их сочетание значительно снижает тяжесть заболевания у *Prunus domestica*, тогда как только обработка медью не имеет такого эффекта [89].

Значение мембранотропных токсинов в патогенезе *Pss* и их влияние на вирулентность штаммов продемонстрирована неоднократно. По данным В. К. Scholz-Schroeder с соавт., при инокуляции в незрелые плоды вишни мутантные по синтезу синрингомицина штаммы *Pss* теряли 23–35 % вирулентности в сравнении со штаммом дикого типа [74, 90], а в работе М. Kaluzna и Р. Sobiczewski такое снижение достигает 70 % [13].

Сурфактантные свойства цЛДП, обусловленные строением молекул, играют важную роль в распределении питательных веществ при колонизации патогеном растительных тканей и перемещению бактерий *Pss* по апопласту и сосудам ксилемы [39, 81]. Также неизбирательный механизм действия цЛДП обеспечивает бактериям *Pss* конкурентное преимущество перед сопутствующей грибной и бактериальной микробиотой [73, 75, 80, 91–93].

Для некоторых штаммов *Pss* отмечена способность продуцировать не только цЛДП, но и антиметаболические токсины, ингибирующие реакции ассимиляции неорганического азота клетками растений, а также синринголины, подавляющие устьичный иммунитет и блокирующие передачу сигналов стресса; по мнению исследователей, одновременный синтез нескольких токсинов определяет не только диапазон восприимчивых растений, но также альтернативную симптоматику и вирулентность штаммов-возбудителя бактериального рака [65, 74, 81, 94–98].

Согласно исследованиям Y. S. Cody и D. C. Gross, для максимального уровня продукции только синрингомицина бактерии *Pss* нуждаются минимум в 2 мМоль/л ионов Fe^{3+} [99], поэтому эффективное протекание патогенеза требует поступления в клетки достаточного количества железа. В условиях дефицита данного элемента для его захвата из окружающей среды и перевода в биодоступное состояние возбудитель бактериального рака синтезирует **сидерофоры** – низкомолекулярные хелатирующие пигменты, имеющие высокую константу стабильности (10^{25} – 10^{32} при значениях pH от 7 до 10 [99]), с помощью которых бактерии *Pss* конкурируют за железо с клетками растений и сопутствующей грибной (*Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Phytophthora megasperma*) и бактериальной (*P. fluorescence*, *Erwinia carotovora*) микробиотой [99–105].

Сидерофоры относят к факторам вирулентности бактерий *Pss*, так как штаммы, не способные к их продукции, отличаются закономерно сниженной агрессивностью, конкурентоспособностью и скоростью генерации бактериальных клеток как в филлосфере, так и внутри растительных тканей [104, 106].

Для штаммов *Pss* описаны два сидерофора – **пиовердин** (устар. флюоресцеин) и **ахромобактин** [107]. Предполагается, что каждый из них используется на разных стадиях развития патогена. По данным A. D. Berti, M. G. Thomas, ахромобактину штаммов *Pss* B728a и *Pss* 22d/93 отводится важная роль в адаптации к эпифитному существованию, так как помимо хелатирования железа, он действует как УФ-хроматофор, предохраняя бактерии от воздействия ультрафиолетового излучения. При этом анализ штамма *Pss* B728a не выявил пиовердинпродуцирующей активности *in situ* [107], однако доказан его синтез после проникновения в апопласт [65, 100, 107–109].

За счет секреции пиовердина продуцирующие его штаммы окрашивают колонии и питательную среду в желто-зеленый цвет; также пиовердин способен флюоресцировать под УФ-светом в диапазоне длины волны 364–410 нм (в зависимости от свободной или связанной с ионами Fe^{3+} формы), что используется как диагностический признак при идентификации представителей группы флюоресцирующих псевдомонад и, в частности, возбудителя бактериального рака [99, 109–113].

Еще одним свойством, повышающим вредоносность возбудителя бактериального рака, является их способность к **образованию кристаллов льда (INA – Ice nucleation activity)**. За счет этой способности бактерии *Pss* не только играют огромную роль в круговороте воды в природе, формировании облаков и выпадении атмосферных осадков, но и снижают зимостойкость восприимчивых к бактериальному раку растений [114–116]. Расположенные на внешней мембране клеток патогена, **белки-нуклеаторы InaZ** формируют ядра льдообразования (рис. 3), которые кристаллизуют молекулы воды при температурах на 2–8 °C выше, чем это происходит при обычных условиях [95, 114, 117, 118].

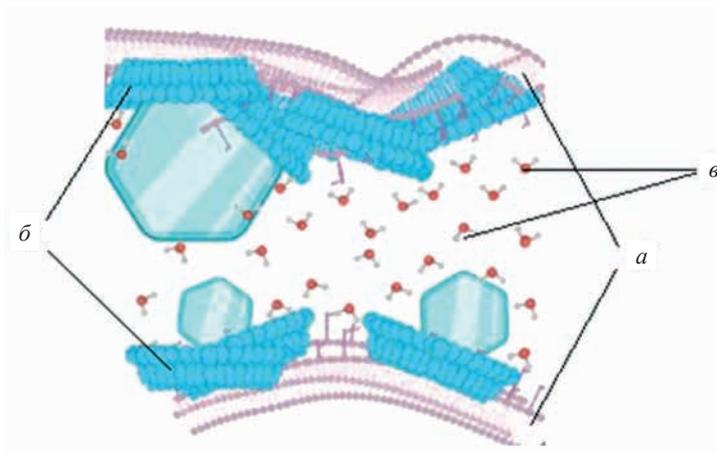


Рис. 3. Схематическое изображение работы белков-нуклеаторов на поверхности клеток *P. Syringae*: *a* – наружная клеточная мембрана, *b* – InaZ белки со сформированными на них кристаллами льда; *в* – молекулы воды

Показано, что количество белков InaZ в культуре клеток *Pss*, зависит от температуры, условий окружающей среды, состава и pH питательной среды, возраста бактериальной культуры и генотипа бактерий [26, 114, 115]. Известно, что чем выше плотность бактериальной популяции на поверхности либо внутри растительных тканей, тем больше шанс, что белки InaZ будут активны даже при 0 °C [26], поэтому присутствие бактерий *Pss* в тканях считается причиной расхождения между актуальными температурами и симптомами повреждения морозом надземных частей плодовых растений [114, 119–121].

По мнению некоторых исследователей, переход штаммов *Pss* от эпифитного существования к эндофитной фазе развития возможен, в том числе и за счет разрушения льдом клеток эпидермиса [118]. В связи с этим увеличение эпифитной популяции бактерий *Pss* во время неустойчивой весенней погоды, часто совпадающей с цветением, приводит к серьезному повреждению почек, бутонов, цветков, молодых листьев и, как следствие, огромным экономическим потерям [15, 95, 114, 120]. По сообщениям К. Gasic с соавт., в 2017 г. в яблоневых садах штата Нью-Йорк (США), наряду с увяданием соцветий при мягких заморозках, были обнаружены симптомы подмерзания. Анализ выделенных из пораженной ткани бактерий *Pss* показал положительный INA-фенотип. Это позволило авторам предположить, что наблюдаемые симптомы обусловлены действием белков InaZ [122]. Трехлетние наблюдения за развитием апикального некроза растений манго, пораженных бактериями *Pss*, показали, что наибольший уровень заболевания наблюдался, когда температура в течение нескольких дней опускалась ниже 0 °C, при этом имелись повреждения, характерные для гораздо более низких температур, чему, как предполагается, также способствовала IN-активность фитопатогена [68].

Исследования показывают, что большинство охарактеризованных штаммов *Pss* обладают фенотипом INA⁺ [26, 95, 123], кроме того, данным свойством обладают и другие близкородственные патовары *P. syringae* (*glycinea*, *lacrimans*, *phaseolicola*, *maculicola*, *tomato*, *actinidiae*, *aptata* и пр.) [95]. Для большого числа охарактеризованных штаммов возбудителя бактериального рака показана четкая связь между патогенностью и IN-активностью. В частности, штаммы, у которых был зарегистрирован высокий INA-потенциал, находились в кругу самых агрессивных штаммов с широким диапазоном растений-хозяев [115, 117].

Значительную роль в вирулентности бактерий *Pss* играет **система секреции третьего типа** (ССТТ). За счет данной системы через транспортный канал (*hrp*-пиль) бактерии *Pss* секретируют в апопласт или транслоцируют в цитоплазму клеток растений эффекторные белки. Данные белки обладают сигнальными свойствами и координируют физиологические процессы растения-хозяина [101, 124, 125]. Анализ штаммов *Pss*B728a, *P. s. pv. tomato* DC3000 и *P. s. pv. phaseolicola* 1448A показал присутствие 29, 58 и 28 генов-детерминантов-эффекторов соответственно, при этом только 13 из них являются общим компонентом для всех трех патоваров, а остальные – либо уникальны, либо присутствуют только у двух из них [126]. Согласно литературным данным, набор эффекторов зависит от конкретной патосистемы и определяет специфичность бактериальных штаммов по отношению к определенной культуре [53, 101, 126, 127].

Наличие компонентов ССТТ вызывает развитие реакции гиперчувствительности (РГ) у невосприимчивых к бактериям *Pss* растений. РГ является одной из форм активного иммунитета растений и представляет собой быструю запрограммированную клеточную гибель. Анализ развития или отсутствия РГ на индикаторных растениях (*Nicotiana tabacum*, *Pelargonium zonale*, *Solanum torvum* и пр.) используется на первых этапах диагностики бактериального рака в рамках тестов схемы LOPAT (L – продукция ЭПС левана, O – оксидазная активность, P – мацерация картофеля, A – аргининдигидролазная активность, T – реакция гиперчувствительности при инокуляции в листья табака) для определения патогенности бактериальных штаммов [128].

Экзополисахариды (ЭПС) обеспечивают бактериям *Pss* высокую приспособленность к неблагоприятным условиям, в том числе после проникновения внутрь растительных тканей [101]. В настоящее время известно о нескольких видах ЭПС, которые продуцируют бактерии *Pss*. На эпифитной стадии развития бактерий *Pss* альгинат и целлюлоза способствуют адгезии патогена на поверхности растений, образованию биопленок, микроколоний и агрегатов, сохранению необходимого уровня влажности и питательных веществ, увеличивают устойчивость к ультра-

фиолетовому излучению и высоким температурам, пестицидам и тяжелым металлам, в частности меди [129–132]. На эндофитной стадии основная роль принадлежит левану – высокомолекулярному сильноразветвленному полимеру фруктозы [133, 134]. Продукция левана внеклеточным ферментом – левансахаразой – сопровождается высвобождением молекул глюкозы, а его расщепление – молекул фруктозы, которая, как сказано выше, является сильным индуктором синтеза синрингомицина. Согласно исследованиям, основная роль левана заключается в сохранении питательных веществ, поддержании пролиферации и вирулентности бактерий *Pss* [133, 135–137]. С продукцией левана связывают образование водянистых пятен на пораженных тканях растений [101, 138] и формирование экссудата родственными бактериям *Pss* – патогенными псевдомонадами [139].

Проявление слизистого, мукоидного фенотипа бактериями на питательной среде, богатой сахарозой, является признаком продукции левана и используется для определения принадлежности штаммов к группе *P. syringae* в рамках диагностических тестов схемы LOPAT [137].

Идентификация возбудителя бактериального рака. Традиционные лабораторные методы диагностики бактериального рака плодовых культур включают выделение из растительной ткани в чистую культуру флюоресцирующих, пигментообразующих бактерий рода *Pseudomonas*. Эталонной средой для выявления этого фенотипа считается полуселективная питательная среда KingB, состав которой индуцирует продукцию пиовердина [113]. Физиолого-биохимическая характеристика выделенных штаммов с помощью серии тестов LOPAT используется для идентификации патогенных *P. syringae* от других видов флюоресцирующих псевдомонад. Тесты GATта (G – разжижение желатина, A – гидролиз аэскулина, T – тирозиназная активность, Та – утилизация тартрата) применяют для дифференциации патоваров (например, *Pss* и *Psm*) [140, 141]. Данный ряд тестов считается достаточно достоверным способом определения принадлежности выделенных бактерий к возбудителю бактериального рака, однако некоторые исследования показывают гетерогенность штаммов *Pss* по этим показателям [39], в связи с чем их проводят не в диагностических целях, а для характеристики фенотипов патогенных штаммов [34, 142, 143].

Выявление возбудителя бактериального рака проводят, анализируя льдообразующую активность (INA) изолятов. Согласно литературным данным, INA⁺-фенотипом обладает подавляющее большинство штаммов *Pss* [95, 143, 144]. Тем не менее исследователи S. S. Hirano и C. D. Uppel, а также S. J. Hall с соавт. отмечают, что способность к продукции льда бактериями, родственными *Pss* (*P. s. pv. savastanoi*, *pv. glycinea*, *pv. atrofaciens*, *pv. actinidiae* и пр.), и некоторыми эпифитными видами (*P. fluorescens*), может повлиять на результат такой диагностики [25, 26, 95, 143–145]. Диагностику бактерий *Pss* целесообразно проводить путем искусственного заражения растений разных видов, так как, по мнению некоторых исследователей, характер взаимоотношений патогена с растением-хозяином позволяет дифференцировать патоварную принадлежность [13, 141].

Некоторые авторы указывают на возможность выявления патоварной принадлежности возбудителя бактериального рака с помощью технологии масс-спектрометрии MALDI-TOF, широко используемой в медицинской практике [38, 146, 147]. По данным M. Oueslati с соавт., анализ MALDI-TOF MS обнаружил высокий уровень достоверности при идентификации бактерий *Pss* и *P. cerasi* [148]. С другой стороны, M. В. Афанасьев, Л. В. Миронова, С. В. Балахонов, M. V. Jagannadham, E. F. Abou-Eladab, H. M. Kulkarni отмечают, что схожесть профилей различных представителей рода *Pseudomonas* и недостаточная наполненность доступных баз данных для сравнения анализируемых белков могут привести к получению ложноположительных результатов либо, наоборот, низкого уровня совпадения, что предполагает использование различных инструментов поиска в базе данных и комбинацию методов диагностики [149, 150].

Один из методов быстрого определения *Pss* основан на амплификации участков генов синтеза и экспорта синрингомицина (*syrB* и *syrD* соответственно) [13, 65, 82, 151, 152]. Однако следует отметить, что в настоящее время некоторые исследователи указывают на возможную гетерогенность штаммов: в исследовании E. Abdellatif с соавт. анализ 47 изолятов показал продукт амплификации гена *syrB* у 45 из них, тогда как продукт гена *syrD* был зарегистрирован у всех исследуемых штаммов [39]. С помощью процедуры амплификации участка гена *syrD* мож-

но разграничить патовара *syringae* от близкородственных *pv. morsprunorum*, *pv. pisi*, *pv. oryzae* и *P. fuscovaginae*, встречающихся в филлосфере [82, 153]. Данный метод позволяет проводить амплификацию с использованием нативных клеток патогена, что значительно ускоряет процесс идентификации [82].

Для идентификации возбудителя бактериального рака применяют метод ПЦР с праймерами к генам 16S рРНК [154], генов системы секреции третьего типа *hrp*-кластера [155], а также используют комплекс диагностических процедур ДНК-ДНК-гибридизации, ERIC PCR, BOX PCR, MLST и RFLP анализа и пр. [39, 40].

Не глядя на обширный перечень средств диагностики, подавляющее большинство исследователей сходятся на том, что определение бактерий *Pss* осложнено гетерогенностью фенотипов как в физиолого-биохимических, так и в молекулярно-биологических тестах, а также сходством симптомов бактериального рака с другими, вызванными бактериальными и грибными патогенами с различным эпифитототийным потенциалом. Данные затруднения требуют согласования с полевыми исследованиями (учет симптомов, характера и времени их проявления, пораженные виды растений, сорта и органы, погодные и другие сопутствующие условия) и обязательным соблюдением постулатов Коха [2, 9, 58, 156].

Контроль бактериального рака. Вредоносность бактериального рака требует соблюдения традиционного комплекса профилактических и защитных мероприятий с учетом цикла развития заболевания, а также возможности эпифитно существовать в филлосфере растений, не являющихся хозяевами данного патогена [66].

С учетом вероятной латентной инфекции важной задачей является контроль чистоты посадочного материала (семян, черенков, саженцев и пр.). По мнению некоторых авторов, посадочный материал является одним из основных источников инфекции (как *Pss*, так и *Psm*) [60, 157]. Именно с посадкой зараженных саженцев связывают серьезную вспышку бактериального рака в молодых садах черешни в 2011–2012 гг. в Сербии [34].

Наибольшую опасность для растений представляет эндофитная стадия развития патогена. По мнению D. Konavko, I. Moroško-Vičevska, B. Bankina при системном поражении плодовых бактериями *Pss* лечение растений становится невозможным, поэтому необходимо делать основной упор на профилактику данного заболевания, а также на селекцию устойчивых к бактериальному раку форм [29].

Самыми распространенными средствами для защиты растений от бактериального рака являются соединения меди (оксихлорид меди, гидроксид меди, сульфат меди и пр.) и антибиотики (стрептомицин, касугамицин и пр.). Однако контактный характер действия медьсодержащих препаратов предусматривает контроль только эпифитной стадии развития заболевания [52, 53]. Применение же антибиотиков, не глядя на контактно-системное действие, в настоящее время строго регламентируется законодательством страны.

Исследования, проведенные в 90-х гг. прошлого века, показали, что двукратные обработки вишневых и абрикосовых садов гидроксидом меди (1 г/л) в период цветения снижали численность эпифитных популяций *Pss* на 9,1 %. В экспериментах А. А. Джаймурзиной с соавт. также показано, что эффективность 5–7%-ной бордосской жидкости в отношении штаммов *P. syringae*, выделенных на территории Казахстана в начале 2000-х гг., предполагает использование данных концентраций для искореняющей обработки инфекции, накопившейся в течение вегетационного периода [158].

Тем не менее уже с 60-х гг. XX в. начали поступать сообщения о снижении бактерицидной эффективности широко используемых препаратов, вплоть до полной резистентности патогенной микробиоты к допустимым концентрациям меди и антибиотиков [159–161]. Исследования F. M. Cazorla с соавт. показали, что из 66 штаммов *Pss*, выделенных из растений манго в Испании в 2005–2006 гг., устойчивыми к меди в концентрации $\geq 0,8$ мМ являются более 50 % штаммов [162].

Еще более напряженная ситуация с устойчивостью к меди возбудителя бактериального рака описана в работе D. Aiello с соавт.: анализ штаммов *Pss*, выделенных из растений манго в период с 2010 по 2014 г. в Сицилии (Италия), показал, что из 71 изолята *Pss* 100 % оказались высокоустойчивы к меди. Из них 62 % росли на среде с концентрацией меди в 2,6–3,2 мМ, 22 % изолятов – при 1,8–2,4 мМ и 16 % – при 1,0–1,6 мМ [163].

По данным R. I. Tarakanov, A. N. Ignatov, F. S.-U. Dzhililov, анализ 57 штаммов *P. syringae*, выделенных в России в период с 1950 по 2019 г., показал достоверно более высокую устойчивость к стрептомициновым антибиотикам и тетрациклину у изолятов, выделенных после 2010 г. [164]. Похожая ситуация наблюдалась в шести садах груши в штатах Орегон и Вашингтон (США) в 90-х гг. XX в. Из 323 штаммов *Pss* 75 % оказались устойчивыми к меди в концентрации 1,0 мМ. При этом 25 % из общего числа изолированных штаммов были устойчивы и к меди, и к стрептомицину (100 мг/мл), а 3 % – к меди, стрептомицину и окситетрациклину (250 мг/мл). По словам авторов публикации, резистентность патогена положительно коррелировала с программой применения антибиотиков в этих садах [165].

Исследования показали, что устойчивость к меди и антибиотикам вызвана несколькими детерминантами, одной из которых является наличие в геноме патогена R-плазмид [166–168], несущих в том числе регуляторные гены, индуцирующие экспрессию других генов устойчивости при повторных обработках [169].

Согласно данным F. M. Cazorla с соавт., такие плазмиды присутствуют более чем у 70 % исследованных штаммов *Pss* и способны передаваться между бактериями посредством конъюгативного переноса [166]. Это свойство имеет важное эпифитототийное значение, поскольку передача резистентности может проходить не только в пределах популяций *Pss*, но также между *Pss* и другими фитопатогенами, такими как *P. syringae* pv. *papulans*, *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* и др. [168, 170].

Не только резистентность, но и накопление меди в почве, воде и пищевых продуктах вследствие применения соответствующих фунгицидов привело к появлению ограничений на использование медьсодержащих препаратов в ряде европейских стран [171]. В качестве альтернативы препаратам меди и антибиотикам для борьбы с возбудителем бактериального рака в настоящее время изучается эффективность химических соединений с доказанной фунгицидной активностью. Эффективность **дитиокарбаматов**, в частности *Манкоцеба* и *Метирама*, в условиях *in vitro* описана в отношении фитопатогенных штаммов *Pss*, *P. s.* pv. *atrofaciens*, *P. syringae*, *E. amylovora*, *X. translucens*, *Xanthomonas arboricola* [31, 172–176], а также в отношении нескольких патоваров *Ps* при протравливании семян [175–177]. Тем не менее A. Mikiciński, P. Sobiczewski, S. Berczyński отмечают отсутствие противомикробного действия этих препаратов при обработке плодов и цветков груши и связывает это с влиянием условий внешней среды [172].

Анализ публикаций о бактерицидной эффективности фунгицидов на основе **дитианона** выявляет противоречивые данные о чувствительности популяций *P. syringae*. В экспериментах V. Palyka с соавт. отмечается, что *дитианон*, 70 % – в концентрации в 10 раз ниже рекомендуемой – полностью ингибировал рост 100 % штаммов коллекции *P. syringae* pv. *atrofaciens* (патогена пшеницы), а также штамма *Pss* УКМ В-1027 [30]. В то же время, по данным S. Lee с соавт., все штаммы *Pss*, выделенные из яблони, были полностью устойчивы к *дитианону*, 75 % [178].

Ингибирующая активность, обусловленная неспецифической амфифильной природой вещества [179], в отношении бактерий *Ps* в условиях *in vitro* обнаружена для **додина**: J. P. Cabral показал, что уже через 1 минуту экспозиции концентрация данного вещества в 50 мкМ вызывала летальное действие на цитоплазматические мембраны клеток патогена [180, 181].

Бактерицидный эффект разной степени интенсивности, обусловленный прямым или косвенным действием фунгицидов на нецелевую микробиоту (фитопатогенные бактерии рода *Pseudomonas*), показан для препаратов на основе **производных фосфоновой кислоты** [68, 182], **триазолов** [31], **пидифлумефена** [183, 184], **тиофанат-метила** [31]. Помимо химических средств, в настоящее время активно разрабатываются альтернативные способы контроля бактериального рака, сопутствующей задачей которых является снижение пестицидной нагрузки [174]. В отношении различных патоваров *P. syringae* и других фитопатогенных бактерий (*Erwinia* sp., *Xanthomonas* sp.) отмечена бактерицидная активность аминогликозидного антибиотика **касугамицина** (вторичного метаболита бактерий *Streptomyces kasugaensis*) [17, 64, 185, 186].

В Беларуси исследования эффективности *касугамицина* проводили в 1979–1986 гг. в отделе биометода БелНИИ защиты растений [32]. Авторы исследования отмечают, что развитие бактериального рака при трехкратных обработках груши снижалось в 1,8 раза по сравнению с эта-

лоном (*хомецин*); также биологическая эффективность *Касумина*, введенного в состав лечебной замазки, использованной для залечивания ран, вызванных возбудителем бактериального рака, составляла 56 % [32].

В качестве **антагонистов** к бактериям *Pss* рассматриваются эпифитные микроорганизмы, обладающие значительным конкурентным потенциалом, а также продуцирующие противогрибковые, антибактериальные вещества и гидролитические ферменты. Такие свойства отмечены для непатогенных бактерий рода *Pseudomonas*, *Bacillus* и *Arthrobacter*, выделенных из филлосферы восприимчивых к *Pss* растений и сорной растительности плодовых садов, а также почвы [187–190]. Проводится анализ потенциала **бактериофагов** в отношении возбудителя бактериального рака и близкородственных ему патогенов, часто встречающихся в комплексе [66, 191, 192]. Исследованиями эффективности бактериофагов в отношении возбудителя бактериального рака в Республике Беларусь занимались А. Ф. Былинский, А. М. Ромашко, Л. Н. Григорцевич, Н. А. Коновалова. Многолетние (1981–1996 гг.) исследования, проведенные в БелНИИ защиты растений, показали эффективность обработок плодовых насаждений интенсивного типа биопрепаратом *Пентафаг* (титр $2\text{--}5 \times 10^{10}$ фаговых частиц) [17, 193–195]. В настоящее время исследования фаговых препаратов против бактерий рода *Pseudomonas* ведутся в институте микробиологии НАН Беларуси. Получен консорциум, содержащий смесь шести бактериофагов, который обладает выраженной литической активностью к *Pseudomonas syringae*, что говорит о перспективности его применения в интегрированной системе защиты растений [196, 197].

Сообщается об эффективности в условиях *in vitro* против *P. syringae* pv. *syringae* **эфирных масел** *Origanum* sp., *Thymus* sp., *Mellisa* sp., *Mentha* sp. и пр. [198, 199], в тепличных условиях и в чашечных тестах *in vitro* – **аллицина** (*Allium sativum*) [188].

Разрабатываются способы контроля, основанные на **физиологических характеристиках патогена**: для борьбы с льдообразующей активностью *Pss* рассматриваются химические ингибиторы льдообразования (ионы тяжелых металлов, катионные детергенты, экстремальные значения pH) [121], для нейтрализации сидерофоров – обработки растений алюминием или галлием [112], для нейтрализации антиметаболитных токсинов *Pss* – обработка перманганатом калия [200].

Перспективными мерами считается создание **трансгенных растений**, обладающих устойчивостью к комплексу бактерий *P. syringae*, а также **индукция устойчивости растений** к возбудителю бактериального рака с помощью синтетических соединений, распыляемых на листья, впрыскиваемых инъекциями внутрь растения либо поглощаемых через корневую систему (салициловая и изоникотиновая кислота, ацилобензолар-S-метил) [52, 53].

Несмотря на проводимые исследования, достаточно эффективного соединения, способного полностью искоренить бактериальный рак, до сих пор не найдено, и большинство исследователей сходятся на необходимости внедрения наиболее перспективного и экологичного способа борьбы с заболеванием, а именно выведения и культивирования устойчивых сортов и гибридов плодовых культур [8, 11].

Устойчивость сортов плодовых растений к бактериальному раку. Согласно подавляющему числу проанализированных литературных источников, у восприимчивых культур не обнаружено иммунных к бактериальному раку сортов и гибридов, однако регистрируется разная степень восприимчивости, которая может варьировать в зависимости от способа заражения [7–10], плотности бактериальной культуры [11, 12], вирулентности штамма-возбудителя [13, 14], комбинации «растение – год» [15], географического расположения насаждений [16] и пр. При этом данные полевых и лабораторных исследований могут отличаться, что учитывается для адекватной оценки устойчивости [8, 9, 24, 88, 201].

Оценка сортов и гибридов **груши**, проводимая в БелНИИ плодоводства Н. А. Коноваловой и М. Г. Мялик в 70–90-е гг. прошлого столетия, показала перспективность использования в качестве доноров устойчивости к бактериальному раку *Pyrus ussuriensis* и *P. pyrifolia*. По данным этих исследований, наибольшая устойчивость при проведении полевых исследований наблюдалась у сорта Сибирячка и гибрида 5/27, а также гибридов 96/40 (Бергамотная × Дружба) и 16/62 (Сапезанка × Дружба) [18]. Согласно данным еще одной публикации этих же авторов сравнение

полевых наблюдений и результатов искусственного заражения выявило наибольшую устойчивость у сортов Млиевская ранняя, Мраморная, Народная; высокая восприимчивость отмечена для сортов Виндзорская, Дружба, Русская. Авторами отмечается, что при проведении лабораторной инокуляции поражение бактериальным раком наблюдалось у 100 % анализируемых сортов, тогда как симптомы на естественном инфекционном фоне проявлялись только у 34 %. Отдельно установлена положительная зависимость между степенью устойчивости и временем, необходимым для развития симптомов заболевания [24].

Согласно данным полевых исследований, проведенных Л. Н. Григорьевич в Брестской области, распространение бактериального рака на деревьях груши на госсортоучастке достигло 80 % [22]. К слабопоражаемым отнесены сорта груши Дюшес местный, Александровка (по другим данным того же автора – слабовосприимчивый [60]), Бере зимняя Мичурина; к среднепоражаемым – Виневка, сеянец Бере Слуцкой, Бере Лошицкая, Урожайная; к сильнопоражаемым – Марианна, Сапезжанка, Бере Боск [23].

В работе S. Yessad, C. Manceau, J. Luisetti [12] восприимчивость к бактериальному раку сортов Feudiere и Doyenne du Comice оценена при помощи различных способов искусственной инокуляции. Замечено, что сорт Feudiere, в отличие от Doyenne du Comice, невосприимчив к умеренно вирулентным штаммам *Pss* при плотности культуры 10^6 КОЕ/мл как в условиях *in situ*, так и на отдельных листьях в чашечных тестах. Однако при повышении плотности до 10^8 КОЕ/мл симптомы развиваются и в первом, и во втором случае. Также показано, что ни один из исследованных штаммов не вызывал развитие заражения при инокуляции в листья, но при этом заражал цветки груши *in situ*. Авторы публикации предполагают, что такая ситуация может быть связана с низкой вирулентностью патогена или с заболеванием цветков, вызванным более вирулентным резидентным штаммом, циркулирующим в саду. Отмечается, что листья на микрочеренках, инокулированные в пробирках, более восприимчивы к бактериальному раку, чем на сеянцах на стадии 8–10 листьев, выращенных в теплице, в том числе при инокуляции бактериальной суспензией 10^6 КОЕ/мл. Таким образом, авторы считают, что анализ патогенности штаммов и устойчивости сортов груши на микроразмножаемых растениях в пробирках является более эффективным, хоть и не таким удобным, как чашечное исследование отдельных листьев [12].

В исследованиях, проведенных С. Moragrega с соавт. [202], показано значительное влияние сорта на степень проявления заболевания ($p < 0,001$), различный уровень восприимчивости, а также отсутствие иммунных сортов. При инокуляции незрелых плодов уровень интенсивности развития заболевания находился в пределах от 30 (сорт El Dorado) до 85–100 % (для сортов Conference, Beurre Hardy и General Leclerc); при заражении отдельных листьев – в пределах от 19 (Beurre Hardenpont) до 92 % (Preguistar), а поражение либо затрагивало только центральную жилку, либо распространялось по всей поверхности листовой пластины. Авторы исследования отмечают, что такие часто возделываемые сорта, как Conference, Abbate Fetel, General Leclerc, Williams, Doyenne du Comice, El Dorado, Alexandrine, Beurre Anjou, представляют группы умеренно и высоковосприимчивых к бактериальному раку [202].

Анализ устойчивости сортов груши, проведенный S. K. Whitesides и R. A. Spotts с помощью искусственного заражения цветков на срезанных побегах, показал, что степень развития заболевания для некоторых сортов значительно изменялась в разные годы наблюдений. В 1989 г. интенсивность заболевания на цветках сорта Forelle составляла 14 %, тогда как в 1990 г. – 37 %. Обратная ситуация наблюдалась у сортов Barlett и Beurre Bosc: в 1989 г. интенсивность заболевания составляла 48 и 97 % соответственно, а в 1990 г. – 44 и 19 % соответственно. По мнению авторов, такая разница может объясняться изменениями в качественном составе и количестве фоновой микробиоты на растительных объектах. Также авторы публикации приводят данные о значительных различиях в восприимчивости бактериального рака между красноплодным сортом Beurré d'Anjou и зеленоплодным клоном, предполагая, что такая разница может быть объяснена различной скоростью роста данных форм. Отмечено также, что характер проявления симптомов отличается среди сортов груши: для сортов Winter Nelis, Josephine de Malines и Beurre Superfin характерно быстрое распространение инфекции вниз по чашечке на цветоножку [15].

При проведении анализа устойчивости к бактериальному раку сортов (Rainier, Sweetheart, Bing, Regina и Chelan) и гибридов черешни (AA, BB, CC, DD, EE, GG (от прямого и обратного скрещивания PMR-1 × Rainier)) J. Mgbеchi-Ezeri с соавт. отмечает, что восприимчивость генотипов значительно зависит от техники инокуляции, тем не менее при всех методах заражения наилучший результат по устойчивости показали гибридные формы AA, BB, DD, EE и сорт Regina. Несмотря на то, что все они продемонстрировали симптомы заражения, анализ плотности бактериальной культуры, выделенной из зоны поражения и областей ее окружающих, указывает на частичную способность данных генотипов ограничивать миграцию патогена внутри растительных тканей. По мнению авторов, данные гибриды могут являться потенциальными донорами аллелей устойчивости к бактериальному раку [7].

В исследованиях S. Farhadfar с соавт. при проведении анализа устойчивости сортов вишни показана значительная зависимость степени поражения от сорта ($p < 0,01$) и метода заражения, однако отсутствует корреляция между данными полевых и лабораторных исследований [8]. Исходя из результатов двух полевых экспериментов, сорта вишни Albaloo-meshkinsha и Ferracida отнесены к наиболее устойчивым, а сорт дюка Albaloogilas-daneshkad – к среднеустойчивым. Данный результат частично согласуется с ранними исследованиями об устойчивости к бактериальному раку *P. avium*, *P. cerasus* и *P. avium* × *P. cerasus* как низкой, высокой и очень высокой соответственно, что, по мнению авторов, в большей или меньшей степени может зависеть от используемого клона [8].

Влияние клона на результат эксперимента показан и в работе F. Santi с соавт. [88]. Авторы публикации указывают, что эффект клона был значительным ($F = 6,3-66,8$) и проявлялся как в полевых, так и в лабораторных экспериментах. Отдельно отмечается, что влияние возраста инокулированного побега, а именно его диаметр, отмечено только в лабораторных условиях – чаще всего данный эффект был выше у инокулированных побегов второго года по сравнению с однолетними, а в полевых условиях такое влияние было оценено как незначительное. По мнению авторов публикации, влияние диаметра побегов может исказить действительный результат заражения, так как толщина доступных побегов разных клонов отличается – может происходить либо слишком быстрое распространение заболевания, либо слишком медленное. Таким образом, чтобы избежать подобных ситуаций, для рутинного исследования динамики заражения авторы рекомендуют выбирать полевые тесты или четко ранжировать диаметр побегов [88].

Инокуляции бактериями *Pss* стеблей однолетних укорененных растений вишни и черешни, проведенная R. Pićić с соавт. [9], указывает на различный уровень восприимчивости и отсутствие иммунных сортов. Основываясь на длине некротических повреждений, к высоковосприимчивым сортам черешни отнесены Katalin, Linda, Summit, New Star, Bigarreau Burlat; сорт вишни Érdi Bôtermô и черешни Drogan's Yellow, Carmen, Germersdorfer, Noir de Meched – к восприимчивым; сорта вишни Španska и Újfehértói fűrtös и черешни Rita – к менее восприимчивым [9]. Проведенное параллельно заражение отдельных листьев этих же сортов показывает схожие результаты по восприимчивости для сортов Summit, New Star и Bigarreau Burlat, и полное отсутствие симптомов на листьях сортов Carmen и Érdi Bôtermô. По мнению авторов исследования, такие данные указывают на значительное влияние метода инокуляции на интерпретацию результатов заражения. В этой же публикации авторы отмечают значительные вариации в интенсивности развития заболевания при заражении некоторых сортов, проведенных в 2017 и 2018 г., однако не приводят объяснения этому различию [9].

T. Thomidis, E. Exadaktylou и K. E. Bedford, P. L. Sholberg, F. Kappel объясняют различия результатов заражения воздействием в инфекционный процесс тканей, имеющих различные защитные механизмы, а также использование срезанных и растущих объектов, выращенных в неоднородных условиях [10, 203].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изменение климата, интенсификация плодоводства, а также отсутствие эффективных средств защиты растений и надлежащих мер по соблюдению чистоты посадочного материала привели к масштабному распространению бактериального рака по всему миру. С каждым

годом ученые выявляют все больше восприимчивых к данному заболеванию видов растений, в том числе имеющих большое народно-хозяйственное значение. Учитывая отсутствие иммунных форм, оптимальным способом борьбы с бактериальным раком с точки зрения экономики и экологии является селекционный процесс, а именно выведение и культивирование устойчивых сортов и гибридов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Bultreys, A. Bacterial cankers caused by *Pseudomonas syringae* on stone fruit species with special emphasis on the pathovars *syringae* and *morsprunorum* race 1 and race 2 / A. Bultreys, M. Kaluzna // J. of Plant Pathology. – 2010. – Vol. 92 (1). – P. 1.21–1.33.
2. Disease and frost damage of woody plants caused by *Pseudomonas syringae*: seeing the forest for the trees / J. R. Lamichhane [et al.] // Advances in Agronomy. – 2014. – Vol. 126. – P. 235–295.
3. Jones, A. L. Bacterial canker of sweet cherry in Michigan / A. L. Jones // Plant Disease Rep. – 1971. – Vol. 55. – P. 961–965.
4. Roos, I. M. M. Bacterial canker of sweet cherry in South Africa / I. M. M. Roos, M. J. Hattingh // Phytophylactica. – 1986. – Vol. 18. – P. 1–4.
5. Canfield, M. L. Isolation of *Pseudomonas syringae* from 40 cultivars of diseased woody plants with tip dieback in Pacific Northwest nurseries / M. L. Canfield, S. Baca, L. W. Moore // Plant Disease. – 1986. – Vol. 70. – P. 647–650.
6. Determination of the incidence of the different pathovars of *Pseudomonas syringae* in stone fruits : COST 873 Stone Fruit Nut Health STF Meeting, Skierniewice, Poland, 27–28 March 2008 / Res. inst. of pomology a. floriculture ; ed.: J. Pulawska, A. Bultreys, P. Sobiczewski. – Skierniewice, 2008. – 15 p.
7. Assessment of sweet cherry (*Prunus avium* L.) genotypes for response to bacterial canker disease / J. Mgbechi-Ezeri [et al.] // Euphytica. – 2017. – Vol. 213. – Art. 145. <https://doi.org/10.1007/s10681-017-1930-4>
8. Susceptibility of cherries to bacterial canker (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*) in field and laboratory / S. Farhadfar [et al.] // Intern. J. of Agriculture a. Forestry. – 2016. – Vol. 6. – P. 20–27.
9. Evaluation of cherry cultivar susceptibility to bacterial canker and leaf spot disease / R. Pličić [et al.] // J. of Phytopathology. – 2018. – Vol. 166, iss. 11–12. – P. 799–808.
10. Thomidis, T. Susceptibility of 30 cherry (*Prunus avium*) genotypes to the bacterium *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* / T. Thomidis, E. Exadaktylou // New Zealand J. of Crop a. Horticultural Sci. – 2008. – Vol. 36 (3). – P. 215–220.
11. Roche, M. An *in vitro* bioassay to evaluate sweet cherry response to inoculation with *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* / M. Roche, A. N. Azarenko // Acta Horticulturae. – 2005. – Vol. 667. – P. 503–508.
12. Yessad, S. A detached leaf assay to evaluate virulence and pathogenicity of strains of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* on pear / S. Yessad, C. Manceau, J. Luisetti // Plant disease. – 1991. – Vol. 76. – P. 370–373.
13. Kaluzna, M. Virulence of *Pseudomonas syringae* pathovars and races originating from stone fruit trees / M. Kaluzna, P. Sobiczewski // Phytopathologia. – 2009. – Vol. 54. – P. 71–79.
14. Identification and discrimination of *Pseudomonas syringae* isolates from wild cherry in England / J. G. Vicente [et al.] // Europ. J. of Plant Pathology. – 2004. – Vol. 110. – P. 337–351.
15. Whitesides, S. K. Susceptibility of pear cultivars to blossom blast caused by *Pseudomonas syringae* / S. K. Whitesides, R. A. Spotts // HortSci. – 1991. – Vol. 26. – P. 880–882.
16. Bacterial canker of sweet cherry in Oregon – infection of horticultural and natural wounds, and resistance of cultivar and rootstock combinations / R. A. Spotts [et al.] // Plant Disease. – 2010. – Vol. 94 (3). – P. 345–350.
17. Григорцевич, Л. Н. Биологические приемы защиты семечковых культур от болезней / Л. Н. Григорцевич // Защита растений. – 1998. – Вып. XXII. – С. 40–45.
18. Коновалова, Н. А. Устойчивость к бактериальному раку (*Pseudomonas syringae* van Hall) гибридного потомства различных видов груши / Н. А. Коновалова, М. Г. Мялик // Плодоводство : сб. науч. тр. / Белорус. науч.-исслед. ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 1994. – Т. 9, ч. 1. – С. 22–29.
19. Копица, В. Н. Раковые заболевания скелетных частей яблони в Беларуси / В. Н. Копица // Изв. Акад. аграр. наук Респ. Беларусь. – 1997. – № 4. – С. 58–62.
20. Roche, M. M. Development of an *in vitro* and modification of an *in vivo* bioassay to screen cherry genotypes for response to inoculation with *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* : thesis ... master of sci. in horticulture / M. M. Roche. – Oregon State Univ., 2001. – 63 p.
21. Garret, C. M. E. Influence of rootstock on the susceptibility of sweet cherry scions to bacterial canker, caused by *Pseudomonas syringae* pvs *morsprunorum* and *syringae* / C. M. E. Garret // Plant Pathology. – 1986. – Vol. 35 (1). – P. 114–119.
22. Григорцевич, Л. Н. Распространение и вредоносность бактериального рака плодовых культур в условиях Белоруссии / Л. Н. Григорцевич // Плодоводство : межведомств. темат. сб. / Белорус. науч.-исслед. ин-т картофелеводства и плодовоовощеводства ; редкол.: Н. А. Дорожков (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 1974. – Вып. 2. – С. 121–124.
23. Коновалова, Н. А. Оценка коллекции сортов груши на устойчивость к заболеваниям / Н. А. Коновалова, М. Г. Мялик // Плодоводство : межведомств. темат. сб. / Белорус. науч.-исслед. ин-т картофелеводства и плодовоовощеводства ; редкол.: А. В. Кругяков (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 1983. – Вып. 5. – С. 73–78.
24. Sulikowska, M. *Pseudomonas* spp. isolated from stone fruit trees in Poland / M. Sulikowska, P. Sobiczewski // Zemdirbyste-Agriculture. – 2008. – Vol. 95, № 3. – P. 166–170.

25. Hirano, S. S. Bacteria in the leaf ecosystem with emphasis on *Pseudomonas syringae* – a pathogen, ice nucleus, and epiphyte / S. S. Hirano, C. D. Upper // Microbiology a. molecular biology rev. – 2000. – Vol. 64, № 3. – P. 624–653.
26. *Pseudomonas syringae*: an overview and its future as a ‘rain making bacteria’ / P. Manohar [et al.] // Intern. Res. J. of Biological Sci. – 2015. – Vol. 4 (2). – P. 70–77.
27. Cameron, H. R. Disease of deciduous fruit trees incited by *Pseudomonas syringae* van Hall : techn. bull. / H. R. Cameron. – Corvallis : Oregon State Univ., Agricultural Experiment Station, 1962. – Vol. 66. – 64 p.
28. Crosse, J. E. Epidemiological relations of the *Pseudomonad* pathogens of deciduous fruit trees / J. E. Crosse // Annu. Rev. of Phytopathology. – 1966. – Vol. 4. – P. 291–310.
29. Konavko, D. *Pseudomonas syringae* as important pathogen of fruit trees with emphasis on plum and cherry / D. Konavko, I. Moročko-Bičevska, B. Bankina // Research for rural development : annu. 20th intern. sci. conf. proc., Jelgava, 23–25 May 2014 / Latvia Univ. of Agriculture ; ed. Z. Gaile [et al.]. – Jelgava, 2014. – Vol. 1. – P. 19–25.
30. Specifics of pesticides effects on the phytopathogenic bacteria / V. Patyka [et al.] // Ecological Chemistry a. Engineering S. – 2016. – Vol. 23. – P. 311–331.
31. Григорцевич, Л. Н. Грибные и бактериальные микроорганизмы – возбудители раковых болезней плодовых культур / Л. Н. Григорцевич // Тр. БГТУ. № 1. Лесное хоз-во. – 2011. – № 19. – С. 202–204.
32. Григорцевич, Л. Н. Обоснование и разработка биологических приемов защиты сада от болезней / Л. Н. Григорцевич // Актуальные вопросы теории и практики защиты плодовых и ягодных культур от вредных организмов в условиях многоукладности сельского хозяйства : тез. докл. Всерос. совещ., Загорье, 3–6 марта 1998 г. / Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства. – М., 1998. – С. 188–190.
33. Etiology of bacterial canker on young sweet cherry trees in Serbia / J. Balaž [et al.] // J. of Plant Pathology. – 2016. – Vol. 98. – P. 285–294.
34. Janse, J. D. Occurrence of *Pseudomonas syringae* pathovars in stone fruits in the Netherlands and availability of strains from different hosts of this pathogen / J. D. Janse, A. van Beuningen, M. Wenneker // Determination of the incidence of the different pathovars of *Pseudomonas syringae* in stone fruits : COST 873 Stone Fruit Nut Health STF Meeting, Skierniewice, Poland, 27–28 March 2008 / Res. inst. of pomology a. floriculture ; ed.: J. Pulawska, A. Bultreys, P. Sobczewski. – Skierniewice, 2008. – P. 7.
35. Григорцевич, Л. Н. Защитные мероприятия против раковых болезней в саду / Л. Н. Григорцевич // Земляробства і ахова раслін. – 2008. – № 6. – С. 50–51.
36. CABI : Invasive species compendium [Electronic resource] . – Mode of access: <https://www.cabi.org>. – Date of access: 08.09.2022.
37. Öksel, C. Identification of causal agent(s) of cherry bacterial canker in Marmara region of Turkey / C. Öksel, M. Mirik // Current Trends in Natural Sci. – 2021. – Vol. 10, iss. 19. – P. 368–374.
38. Phenotypic and genetic characterization of *Pseudomonas syringae* strains associated with the recent citrus bacterial blast and bacterial black pit epidemics in Tunisia / E. Abdellatif [et al.] // Plant Pathology. – 2016. – Vol. 66, iss. 7. – P. 1081–1093.
39. First report of citrus bacterial blast and citrus black pit caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* in Tunisia / E. Abdellatif [et al.] // New Disease Rep. – 2015. – Vol. 32, iss. 1. – P. 35.
40. Scortichini, M. Severe outbreak of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* on new apricot cultivars in Central Italy / M. Scortichini // J. of Plant Pathology. – 2006. – Vol. 88. – P. 65–70.
41. Kotan, R. First record of bacterial canker caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, on apricot trees in Turkey / R. Kotan, F. Sahin // Plant Pathology. – 2002. – Vol. 51. – P. 798.
42. Gutiérrez-Barranquero, J. A. *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* associated with mango trees, a particular pathogen within the ‘Hodgepodge’ of the *Pseudomonas syringae* complex / J. A. Gutiérrez-Barranquero, F. M. Cazorla, A. de Vicente // Frontiers in Plant Sci. – 2019. – Vol. 10. – Art. 570. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00570>
43. Using multilocus sequence analysis to distinguish pathogenic from saprotrophic strains of *Pseudomonas* from stone fruit and kiwifruit / S. B. Visnovsky [et al.] // Europ. J. of Plant Pathology. – 2019. – Vol. 155. – P. 643–658.
44. Clarification of taxonomic status within the *Pseudomonas syringae* species group based on a phylogenomic analysis / M. Gomila [et al.] // Frontiers in Microbiology. – 2017. – Vol. 8. – Art. 2422. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02422>
45. Young, J. M. Taxonomy of *Pseudomonas syringae* / J. M. Young // J. of Plant Pathology. – 2010. – Vol. 92 (1). – P. 1.5–1.14.
46. Bacteria from four phylogroups of the *Pseudomonas syringae* complex can cause bacterial canker of apricot / L. Parisi [et al.] // Plant Pathology. – 2019. – Vol. 68, iss. 7. – P. 1249–1258.
47. Genetic characterization and prevalence of *Pseudomonas syringae* strains from sweet cherry orchards in New Zealand / V. Marroni [et al.] // Plant Pathology. – 2023. – Vol. 72 (9). – P. 1673–1686.
48. EPPO A1 and A2 lists of pests recommended for regulation as quarantine pests : EPPO Standards [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.eppo.int/media/uploaded_images/ACTIVITIES/plant_quarantine/pm1-002-28-en.pdf. – Date of access: 23.08.2023.
49. *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*, *P. syringae* and *P. viridiflava* on kiwifruit : PP 1/282 (2). – EPPO Bull. – Vol. 49. – 2018. – P. 25–27.
50. Characterisation of the pathogenicity of strains of *Pseudomonas syringae* towards cherry and plum / M. T. Hulin [et al.] // Plant Pathology. – 2018. – Vol. 67, № 5. – P. 1177–1193.
51. Agrios, G. N. Plant Pathology / G. N. Agrios. – 5th ed. – Burlington : Elsevier Acad. Press, 2005. – 919 p.
52. *Pseudomonas syringae* diseases of fruit trees: progress toward understanding and control / M. M. Kennelly [et al.] // Plant Disease. – 2007. – Vol. 91, № 1. – P. 4–17.

53. Scortichini, M. Bacterial canker and decline of European hazelnut / M. Scortichini // *Plant Disease*. – 2002. – Vol. 86, № 7. – P. 704–709.
54. Nasab, M. O. First report of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* causing leaf scorch on *Satureja khuzestanica* in Iran / M. O. Nasab, G. Khodakaramian, M. Aeini // *J. of Plant Pathology*. – 2022. – Vol. 104. – P. 847–848.
55. *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* as the new causal agent of cabbage leaf blight / E. Basavand [et al.] // *J. of Phytopathology*. – 2021. – Vol. 169, iss. 4. – P. 253–259.
56. Kałużna, M. Characterization and phylogeny of the novel taxon of *Pseudomonas* spp., closely related to *Pseudomonas avellanae* as causal agent of a bacterial leaf blight of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) and *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* as a new bacterial pathogen of red dogwood (*Cornus sanguinea* L.) / M. Kałużna // *J. of Plant Pathology*. – 2018. – Vol. 101 (7). <https://doi.org/10.1007/s42161-018-0189-5>
57. Characterization and genetic diversity of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* isolates associated with rice bacterial leaf spot in Heilongjiang, China / L. Peng [et al.] // *Biology*. – 2022. – Vol. 11 (5). – Art. 720. <https://doi.org/10.3390/biology11050720>
58. First report of shot-hole on flowering cherry caused by *Burkholderia contaminans* and *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* / V.-C. Han [et al.] // *Plant Disease*. – 2021. – Vol. 105 (12). – P. 3795–3802.
59. First report of the bacterial leaf spot caused by *Pseudomonas syringae* on grapevine (*Vitis vinifera*) in Russia / E. V. Porotikova [et al.] // *Plant disease*. – 2016. – Vol. 101 (2). – P. 380.
60. Григорцевич, Л. Н. Защита плодовых деревьев от болезней в садах интенсивного типа : метод. указания для изучения дисциплины «Основы плодоводства и огородничества» для студентов специальности 1-75 02 01 «Садово-парковое строительство» / Л. Н. Григорцевич. – Минск : Изд. БГТУ, 2010. – 40 с.
61. Microorganisms isolated from the water phase of tropospheric clouds at the Puy de Dome : major groups and growth abilities at low temperatures / P. Amato [et al.] // *FEMS Microbiology Ecology*. – 2007. – Vol. 59 (2). – P. 242–254.
62. Behrendt, U. Fluorescent pseudomonads associated with the phyllosphere of grasses; *Pseudomonas trivialis* sp. nov., *Pseudomonas poae* sp. nov. and *Pseudomonas congelans* sp. nov. / U. Behrendt, A. Ulrich, P. Schumann // *Intern. J. of Systematic a. Evolutionary Microbiology*. – 2003. – Vol. 53 (5). – P. 1461–1469.
63. Information on peach bacterial canker in Aegean region of Turkey / H. Ozaktan [et al.] // Determination of the incidence of the different pathovars of *Pseudomonas syringae* in stone fruits : COST 873 Stone Fruit Nut Health STF Meeting, Skierniewice, Poland, 27–28 March 2008 / Res. inst. of pomology a. floriculture ; ed.: J. Pulawska, A. Bultreys, P. Sobiczewski. – Skierniewice, 2008. – P. 8.
64. Existence of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* in mango grooves of southern Punjab Pakistan reveals an emerging threat of apical necrosis due to climate change / A. Abdullah [et al.] // *Fresenius Environmental Bull.* – 2021. – Vol. 30, № 06A. – P. 6679–6690.
65. Comparative genomics of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* strains B301D and HS191 and insights into intrapathovar traits associated with plant pathogenesis / A. Ravindran [et al.] // *MicrobiologyOpen*. – 2015. – Vol. 4, № 4. – P. 553–573.
66. Akbaba, M. Evaluation of bacteriophages in the biocontrol of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* isolated from cankers on sweet cherry (*Prunus avium* L.) in Turkey / M. Akbaba, H. Ozaktan // *Egypt. J. of Biological Pest Control*. – 2021. – Vol. 31. <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00385-7>
67. *Pseudomonas syringae* causing bacterial canker on apple trees in Brazil / L. Araujo [et al.] // *Plant protection*. – 2020. – Vol. 79, № 4. – P. 592–598.
68. Field evaluation of treatments for the control of the bacterial apical necrosis of mango (*Mangifera indica*) caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* / F. M. Cazorla [et al.] // *Europ. J. of Plant Pathology*. – 2006. – Vol. 116 (4). – P. 279–288.
69. Григорцевич, Л. Н. Основы плодоводства : учеб. пособие / Л. Н. Григорцевич, Ю. М. Полещук, А. И. Блинцов. – Минск : БГТУ, 2004. – 90 с.
70. Kannan, V. R. Plant pathogenic bacteria : an overview / V. R. Kannan, K. K. Bastas, R. A. Arokiaswamy // Sustainable approaches to controlling plant pathogenic bacteria / ed. V. R. Kannan, K. K. Bastas. – Boca Raton, 2016. – Ch. 1. – P. 1–16.
71. Kunkel, B. N. Virulence strategies of plant pathogenic bacteria / B. N. Kunkel, Zh. Chen // *The Prokaryotes* / ed.: M. Dworkin (ed.-in-chief) [et al.]. – New York, 2006. – Vol. 2. Ecophysiology and Biochemistry. – Ch. 1.14. – P. 421–440.
72. Phytotoxic properties of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* toxins / N. S. Iacobellis [et al.] // *Physiological and Molecular Plant Pathology*. – 1992. – Vol. 40, iss. 2. – P. 107–116.
73. Antimicrobial lipodepsipeptides from *Pseudomonas* spp: a comparison of their activity on model membranes / G. Menestrina [et al.] // *Pseudomonas syringae* and related pathogens. Biology and genetic : conf. proc. / ed.: N. S. Iacobellis [et al.]. – Dordrecht, 2003. – P. 185–198.
74. The contribution of syringopeptin and syringomycin to virulence of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* strain B301D on the basis of *syxA* and *syxB1* biosynthesis mutant analysis / B. K. Scholz-Schroeder [et al.] // *Molecular Plant-Microbe Interactions*. – 2001. – Vol. 14, № 3. – P. 336–348.
75. Fungicidal activities and mechanisms of action of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* lipodepsipeptide syringopeptins 22A and 25A / M. F. Bensaci [et al.] // *Frontiers in Microbiology*. – 2011. – Vol. 2. – Art. 216. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2011.00216>
76. Hutchison, M. L. Role of biosurfactant and ion channel-forming activities of syringomycin in transmembrane ion flux: a model for the mechanism of action in the plant pathogen interaction / M. L. Hutchison, M. A. Tester, D. C. Gross // *Molecular Plant-Microbe Interactions*. – 1995. – Vol. 8, № 4. – P. 610–620.
77. Buongiorno, D. Structure and function of atypically coordinated enzymatic mononuclear non-heme-Fe(II) centers / D. Buongiorno, G. D. Straganz // *Coordination Chemistry Rev.* – 2013. – Vol. 257, № 2. – P. 541–563.

78. Isolation and characterization of *Pseudomonas syringae* isolates affecting stone fruits and almond in Montenegro / T. Popović [et al.] // J. of Plant Diseases a. Protection. – 2021. – Vol. 128 (17). – P. 391–405.
79. An antimetabolite toxin (mangotoxin) is produced by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* isolated from mango / F. M. Cazorla [et al.] // *Pseudomonas syringae* and related pathogens. Biology and genetic : conf. proc. / ed.: N. S. Iacobellis [et al.]. – Dordrecht, 2003. – P. 175–184.
80. Pseudomycins, a family of novel peptides from *Pseudomonas syringae* possessing broad-spectrum antifungal activity / L. Harrison [et al.] // J. of Gen. Microbiology. – 1991. – Vol. 137 (12). – P. 2857–2865.
81. Bender, C. L. *Pseudomonas syringae* phytotoxins: mode of action, regulation, and biosynthesis by peptide and polyketide synthetases / C. L. Bender, F. Alarcón-Chaidez, D. C. Gross // Microbiology a. molecular biology rev. – 1999. – Vol. 63, № 2. – P. 266–292.
82. Bultreys, A. Biological and molecular detection of toxic lipodepsipeptide producing *Pseudomonas syringae* strains and PCR identification in plants / A. Bultreys, I. Gheysen // Appl. a. Environmental Microbiology. – 1999. – Vol. 65, № 5. – P. 1904–1909.
83. Interaction between nitrogen-fertilized peach trees and expression of *syrB*, a gene involved in syringomycin production in *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* / T. Cao [et al.] // Phytopathology. – 2005. – Vol. 95, № 5. – P. 581–586.
84. Бандурко, И. А. Сортоизучение и селекция груши : учеб. пособие для аспирантов с.-х. направления / И. А. Бандурко. – Майкоп : МГТУ, 2016. – 132 с.
85. Mo, Y.-Y. Plant signal molecules activate the *syrB* gene, which is required for syringomycin production by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* / Y.-Y. Mo, D. C. Gross // J. of Bacteriology. – 1991. – Vol. 173, № 18. – P. 5784–5792.
86. Cherry picking by pseudomonads: After a century of research on canker, genomics provides insights into the evolution of pathogenicity towards stone fruits / M. T. Hulin [et al.] // Plant Pathology. – 2020. – Vol. 69 (6). – P. 962–978.
87. Quigley, N. B. Syringomycin production among strains of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*: conservation of the *syrB* and *syrD* genes and activation of phytotoxin production by plant signal molecules / N. B. Quigley, D. C. Gross // Molecular Plant-Microbe Interactions. – 1994. – Vol. 7, № 1. – P. 78–90.
88. Screening wild cherry (*Prunus avium*) for resistance to bacterial canker by laboratory and field tests / F. Santi [et al.] // Forest Pathology. – 2004. – Vol. 34, № 6. – P. 349–362.
89. Sayler, R. J. The effect of copper sprays and fertilization on bacterial canker in French prune / R. J. Sayler, B. C. Kirkpatrick // Canad. J. of Plant Pathology. – 2003. – Vol. 25. – P. 406–410.
90. Scholz-Schroeder, B. K. The *sypA*, *sypB*, and *sypC* synthetase genes encode twenty-two modules involved in the nonribosomal peptide synthesis of syringopeptin by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* B301D / B. K. Scholz-Schroeder, J. D. Soule, D. C. Gross // Molecular Plant-Microbe Interactions. – 2003. – Vol. 16, № 4. – P. 271–280.
91. Helmann, T. C. Genome-wide identification of *Pseudomonas syringae* genes required for fitness during colonization of the leaf surface and apoplast / T. C. Helmann, A. M. Deutschbauer, S. E. Lindow // Proc. of the Nat. Acad. of Sci. of the USA. – 2019. – Vol. 116, № 38. – P. 18900–18910.
92. Bensaci, M. F. The bioactive properties of syringomycin e-rhamnolipid mixtures and syringopeptins : diss. ... dr of philosophy in biology / M. F. Bensaci. – Logan, Utah, 2009. – 173 p.
93. Interaction of syringomycin E structural analogues with biological and model membranes / M. Dalla Serra [et al.] // *Pseudomonas syringae* and related pathogens : conf. proc. / ed.: N. S. Iacobellis [et al.]. – Dordrecht, 2003. – P. 207–215.
94. A nonribosomal peptide synthetase gene (*mgoA*) of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* is involved in mangotoxin biosynthesis and is required for full virulence / E. Arrebola [et al.] // Molecular Plant-Microbe Interactions. – 2007. – Vol. 20, № 5. – P. 500–509.
95. Phylogenetic characterization of virulence and resistance phenotypes of *Pseudomonas syringae* / M. S. H. Hwang [et al.] // Appl. a. Environmental Microbiology. – 2005. – Vol. 71, № 9. – P. 5182–5191.
96. Mangotoxin: a novel antimetabolite toxin produced by *Pseudomonas syringae* inhibiting ornithine/arginine biosynthesis / E. Arrebola [et al.] // Physiological and Molecular Plant Pathology. – 2003. – Vol. 63. – P. 117–127.
97. Methylome response to proteasome inhibition by *Pseudomonas syringae* virulence factor Syringolin A / D. M. V. Bonnet [et al.] // Molecular Plant-Microbe Interactions. – 2023. – Vol. 36 (11). – P. 693–704.
98. Schellenberg, B. *Pseudomonas syringae* virulence factor syringolin A counteracts stomatal immunity by proteasome inhibition / B. Schellenberg, C. Ramel, R. Dudler // Molecular Plant-Microbe Interactions. – 2010. – Vol. 23 (10). – P. 1287–1293.
99. Cody, Y. S. Characterization of pyoverdinin^{pss}, the fluorescent siderophore produced by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* / Y. S. Cody, D. C. Gross // Appl. a. Environmental Microbiology. – 1987. – Vol. 53, № 5. – P. 928–934.
100. RNA-seq analysis reveals that an ECF σ factor, AcsS, regulates achromobactin biosynthesis in *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* B728a / J. W. Greenwald [et al.] // PLoS ONE. – 2012. – Vol. 7, iss. 4. – Art. e34804. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034804>
101. Горшков, В. Ю. Бактериозы растений: молекулярные основы формирования растительно-микробных патосистем / В. Ю. Горшков. – Казань: Изд-во Сергея Бузукина, 2017. – 304 с.
102. Биологическая защита растений / М. В. Штерншис [и др.] ; под ред. М. В. Штерншис. – М. : Колос, 2004. – 264 с.
103. Doksöz, S. F. Biological control of *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi* causing the olive knot disease with epiphytic and endophytic bacteria / S. F. Doksöz, İ. A. Bozkurt // J. of Plant Pathology. – 2021. – № 104 (6). – P. 65–78.
104. Loper, J. E. Lack of evidence for *in situ* fluorescent pigment production by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* on bean leaf surface / J. E. Loper, S. E. Lindow // Ecology a. Epidemiology. – 1987. – Vol. 77, № 10. – P. 1449–1454.

105. Embaby, A. M. Unusual non-fluorescent broad spectrum siderophore activity (SID EGY11) by *Pseudomonas aeruginosa* strain EGY11 DSM 101801 and a new insight towards simple siderophore bioassay / A. M. Embaby, Y. Heshmat, A. Hussein // *AMB Express*. – 2016. – Vol. 6 (1). – Art. 26. <https://doi.org/10.1186/s13568-016-0192-1>
106. The siderophore pyoverdine of *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* 6605 is an intrinsic virulence factor in host tobacco infection / F. Taguchi [et al.] // *J. of Bacteriology*. – 2010. – Vol. 191, № 1. – P. 117–126.
107. Berti, A. D. Analysis of achromobactin biosynthesis by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* B728a / A. D. Berti, M. G. Thomas // *J. of Bacteriology*. – 2009. – Vol. 191, № 14. – P. 4594–4604.
108. Bioinformatics analysis of the complete genome sequence of the mango tree pathogen *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* UMAF0158 reveals traits relevant to virulence and epiphytic lifestyle / P. M. Martínez-García [et al.] // *PLoS ONE*. – 2015. – 10. – Art. e0136101. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136101>
109. Блажевич, О. В. Металлсвязывающая способность флуоресцирующих пигментов бактерий рода *Pseudomonas* / О. В. Блажевич, Н. П. Максимова // *Микробиология и биотехнология на рубеже XXI столетия : материалы Междунар. конф., посвящ. 25-летию Ин-та микробиологии НАН Беларуси, Минск, 1–2 июня 2000 г. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.] ; отв. ред.: А. Г. Лобанок, Л. И. Стефанович. – Минск, 2000. – С. 25–26.*
110. Lamichhane, J. R. A new medium for the detection of fluorescent pigment production by pseudomonads / J. R. Lamichhane, L. Varvaro // *Plant Pathology*. – 2012. – Vol. 62, № 3. – P. 624–632.
111. Bultreys, A. Diversity among *Pseudomonas syringae* strains from Belgian orchards / A. Bultreys, I. Gheysen // *Pseudomonas syringae* and related pathogens. Biology and genetic : conf. proc. / ed.: N. S. Iacobellis [et al.]. – Dordrecht, 2003. – P. 69–77.
112. Микробные сидерофоры: строение, свойства и функции / В. В. Леонов [и др.] // *Астрах. мед. журн.* – 2016. – Т. 11, № 4. – С. 24–37.
113. King, E. O. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescein / E. O. King, M. K. Ward, D. E. Raney // *J. of Laboratory and Clinical Medicine*. – 1954. – Vol. 44, № 2. – P. 301–307.
114. Waturangi, S. D. E. Distribution of ice nucleation active (INA) bacteria from rain-water and air / S. D. E. Waturangi // *HAYATI J. of Biosci.* – 2011. – Vol. 18, № 3. – P. 108–112.
115. Toward understanding bacterial ice nucleation / M. Lukas [et al.] // *The J. of physical chemistry B*. – 2022. – Vol. 126. – P. 1861–1867.
116. Araujo, G. G. Survival and ice nucleation activity of *Pseudomonas syringae* strains exposed to simulated high-altitude atmospheric conditions / G. G. de Araujo [et al.] // *Sci. Rep.* – 2019. – Vol. 9. – Art. 7768. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44283-3>
117. The life history of the plant pathogen *Pseudomonas syringae* is linked to the water cycle / C. E. Morris [et al.] // *The ISME J.* – 2008. – Vol. 2. – P. 321–334.
118. Xin, X.-F. *Pseudomonas syringae*: what it takes to be a pathogen / X.-F. Xin, B. Kvitko, S. Y. He // *Nature Rev. Microbiology*. – 2018. – Vol. 16, № 5. – P. 316–328.
119. Гулевский, А. К. Белки-нуклеаторы бактериального происхождения. Регуляция активности и значение в природе и биотехнологии / А. К. Гулевский, Л. И. Релина // *Теорет. и эксперим. криобиология*. – 2010. – Т. 20, № 3. – С. 225–234.
120. Biophysical characterization of soluble *Pseudomonas syringae* ice nucleation protein InaZ fragments / Y. J. Han [et al.] // *Intern. J. of Biological Macromolecules*. – 2017. – Vol. 94. – P. 634–641.
121. Lindow, S. E. The role of bacterial ice nucleation in frost injury to plants / S. E. Lindow // *Annu. Rev. of Phytopathology*. – 1983. – Vol. 21. – P. 363–384.
122. First report of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* associated with bacterial blossom blast on apple (*Malus pumila*) in the United States / K. Gasic [et al.] // *Plant disease*. – 2018. – Vol. 102, № 9. – P. 1848.
123. Molecular epidemiology of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* causing bacterial leaf spot of watermelon and squash in Florida / E. A. Newberry [et al.] // *Plant disease*. – 2018. – Vol. 102. – P. 511–518.
124. *Pseudomonas syringae* Hrp type III secretion system and effector proteins / A. Collmer [et al.] // *Proc. of the Nat. Acad. of Sci. of the USA*. – 2000. – Vol. 97, № 16. – P. 8770–8777.
125. Block, A. Plant targets for *Pseudomonas syringae* type III effectors: virulence targets or guarded decoys? / A. Block, J. R. Alfano // *Current Opinion in Microbiology*. – 2011. – Vol. 14. – P. 39–46.
126. HopH1 effectors of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* DC3000 and pv. *syringae* B728a induce HR cell death in non-host eggplant *Solanum torvum* / K. Nahar [et al.] // *J. of General Plant Pathology*. – 2021. – Vol. 87. – P. 24–29.
127. Regulation and detection of effectors translocated by *Pseudomonas syringae* / S. W. Hutcheson [et al.] // *Pseudomonas syringae* and related pathogens. Biology and genetic : conf. proc. / ed.: N. S. Iacobellis [et al.]. – Dordrecht, 2003. – P. 147–156.
128. Lelliott, R. A. A determinative scheme for the fluorescent plant pathogenic *Pseudomonas* / R. A. Lelliott, E. Billing, A. C. Hayward // *J. of Appl. Bacteriology*. – 1966. – Vol. 29, № 3. – P. 470–489.
129. Copper as signal for alginate synthesis in *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* / S. P. Kidambi [et al.] // *Appl. a. Environmental Microbiology*. – 1995. – Vol. 61, № 6. – P. 2172–2179.
130. AlgR functions in algC expression and virulence in *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* / A. Peñaloza-Vázquez [et al.] // *Microbiology*. – 2004. – Vol. 150. – P. 2727–2737.
131. Biological role of EPS from *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* UMAF0158 extracellular matrix, focusing on a Psl-like polysaccharide / Z. Heredia-Ponce [et al.] // *NPJ Biofilms a. Microbiomes*. – 2020. – Vol. 6 (1). – Art. 37. <https://doi.org/10.1038/s41522-020-00148-6>
132. Involvement of the exopolysaccharide alginate in the virulence and epiphytic fitness of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* / J. Yu [et al.] // *Molecular microbiology*. – 1999. – Vol. 33, № 4. – P. 712–720.

133. Contribution of alginate and levan production to biofilm formation by *Pseudomonas syringae* / H. Laue [et al.] // Microbiology. – 2006. – Vol. 152. – P. 2909–2918.
134. *Pseudomonas syringae* addresses distinct environmental challenges during plant infection through the coordinated deployment of polysaccharides / P. S. Krishna [et al.] // J. of Experimental Botany. – 2022. – Vol. 73, № 7. – P. 2206–2221.
135. Expression of extra-cellular levansucrase in *Pseudomonas syringae* is controlled by the in planta fitness-promoting metabolic repressor HexR / A. Mehmood [et al.] // BMC Microbiology. – 2015. – Vol. 15. – Art. 48. <https://doi.org/10.1186/s12866-015-0349-0>
136. Complete genome assembly of the levan-positive strain PVFi1 of *Pseudomonas savastanoi* pv. *savastanoi* isolated from olive knots in Central Italy / S. Turco [et al.] // Environmental Microbiology Rep. – 2022. – Vol. 14. – Art. 2. <https://doi.org/10.1111/1758-2229.13048>
137. Li, H. Characterization and mutational analysis of three allelic lsc genes encoding levansucrase in *Pseudomonas syringae* / H. Li, M. S. Ullrich // J. of Bacteriology. – 2001. – Vol. 183. – Art. 11. – P. 3282–3292.
138. Phytobacteriology : principles and practice / ed. J. D. Janse. – Cambridge : CABI, 2005. – 366 p.
139. Gross, M. Demonstration of levan and alginate in bean plants (*Phaseolus vulgaris*) infected by *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* / M. Gross, K. Rudolph // J. of Phytopathology. – 1987. – Vol. 120, iss. 1. – P. 9–19.
140. Желдакова, Р. А. Фитопатогенные микроорганизмы : учеб.-метод. комплекс / Р. А. Желдакова, В. Е. Мямин. – Минск : БГУ, 2006. – 116 с.
141. Ertimurtaş, D. Classical and molecular diagnosis of *Pseudomonas syringae* pathovars causing bacterial canker on stone fruits / D. Ertimurtaş, H. Özaktan // J. of Turkish Phytopathology. – 2020. – Vol. 49, № 3. – P. 55–61.
142. Diversity, pathogenicity and biocontrol efficacy of *Pseudomonas syringae* isolated from plants in northern Jordan / F. A. Almomani [et al.] // Romanian Biotechnological Letters. – 2022. – Vol. 27, № 1. – P. 3264–3269.
143. Rapid evaluation of pathogenicity in *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* with a lilac tissue culture bioassay and syringomycin DNA probes / H. J. Scheck [et al.] // Plant Disease. – 1997. – Vol. 81, № 8. – P. 905–910.
144. *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* from cool climate Australian grapevine vineyards: new phylogroup PG02f associated with bacterial inflorescence rot / S. J. Hall [et al.] // Plant Pathology. – 2019. – Vol. 68, iss. 2. – P. 312–322.
145. Lindow, S. E. Bacterial ice nucleation: a factor in frost injury to plants / S. E. Lindow, D. C. Army, C. D. Upper // Plant Physiology. – 1982. – Vol. 70, iss. 4. – P. 1084–1089.
146. Identification of genes involved in the glycosylation of modified viosamine of flagellins in *Pseudomonas syringae* by mass spectrometry / M. Yamamoto [et al.] // Genes. – 2011. – Vol. 2. – P. 788–803.
147. Polysaccharides of *Pseudomonas* pathovar strains that infect pea, tomato, and soya bean / S. Datta [et al.] // Current microbiology. – 2004. – Vol. 49, № 1. – P. 35–41.
148. Diversity of pathogenic *Pseudomonas* isolated from citrus in Tunisia / M. Oueslati [et al.] // AMB Express. – 2020. – Vol. 10. – Art. 198. <https://doi.org/10.1186/s13568-020-01134-z>
149. Jagannadham, M. V. Identification of outer membrane proteins from an Antarctic bacterium *Pseudomonas syringae* Lz4W / M. V. Jagannadham, E. F. Abou-Eladab, H. M. Kulkarni // Molecular & Cellular Proteomics. – 2011. – Vol. 10, iss. 6. <https://doi.org/10.1074/mcp.M110.004549>
150. Афанасьев, М. В. MALDI-ToF масс-спектрометрический анализ для идентификации возбудителей чумы, холеры и туляремии / М. В. Афанасьев, Л. В. Миронова, С. В. Балахонов // Молекуляр. генетика, микробиология и вирусология. – 2015. – № 2. – С. 3–8.
151. Sorensen, K. N. PCR detection of cyclic lipodepsinonapeptide-producing *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* and similarity of strains / K. N. Sorensen, K.-H. Kim, J. Y. Takemoto // Appl. a. Environmental Microbiology. – 1998. – Vol. 64, № 1. – P. 226–230.
152. Quigley, N. B. SyrD is required for syringomycin production by *Pseudomonas syringae* pathovar *syringae* and is related to a family of ATP-binding secretion proteins / N. B. Quigley, Y.-Y. Mo, D. C. Gross // Molecular Microbiology. – 1993. – Vol. 9, № 4. – P. 787–801.
153. Khezri, M. Identification and characterization of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* strains from various plants and geographical regions / M. Khezri, M. Mohammadi // J. of Plant Protection Res. – 2018. – Vol. 58, № 4. – P. 354–361.
154. Doolotkeldieva, T. Characterization of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* from diseased stone fruits in Kyrgyzstan and testing of biological agents against pathogen / T. Doolotkeldieva, S. Bobusheva // Intern. J. of Phytopathology. – 2020. – Vol. 9, № 2. – P. 71–91.
155. Kerkoud, M. Rapid diagnostic of *Pseudomonas syringae* pv. *papulans*, the causal agent of blister spot of apple, by polymerase chain reaction using specifically designed hrpL gene primers / M. Kerkoud, C. Manceau, J. P. Paulin // Phytopathology. – 2002. – Vol. 92, № 10. – P. 1077–1083.
156. Попкова, К. В. Общая фитопатология : учеб. для вузов / К. В. Попкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Дрофа, 2005. – 445 с.
157. Valencia-Botin, A. J. Review of the studies and interactions of *Pseudomonas syringae* pathovars on wheat / A. J. Valencia-Botin, M. E. Cisneros-López // Intern. J. of Agronomy. – 2012. – Vol. 2012, iss. 1. – Art. 692350. <https://doi.org/10.1155/2012/692350>
158. Чувствительность фитопатогенных бактерий *Erwinia amylovora* и *Pseudomonas syringae* к медьсодержащим фунгицидам / А. А. Джаймурзина [и др.] // Защита картофеля. – 2014. – № 2. – С. 33–35.
159. Гольшин, Н. М. Фунгициды / Н. М. Гольшин. – М. : Колос, 1993. – 319 с.
160. Bender, C. L. Indigenous plasmids in *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*: conjugative transfer and role in copper resistance / C. L. Bender, D. A. Cooksey // J. of Bacteriology. – 1986. – Vol. 165, № 2. – P. 534–541.

161. Streptomycin resistance of *Pseudomonas syringae* pv. *papulans* in apple orchards and its association with a conjugative plasmid / T. J. Burr [et al.] // *Phytopathology*. – 1988. – Vol. 78, № 4. – P. 410–413.
162. Copper Resistance in *Pseudomonas syringae* strains isolated from mango is encoded mainly by plasmids / F. M. Cazorla [et al.] // *Phytopathology*. – 2002. – Vol. 92, № 8. – P. 909–916.
163. Characterization of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* isolated from mango in Sicily and occurrence of copper-resistant strains / D. Aiello [et al.] // *J. of Plant Pathology*. – 2015. – Vol. 97, № 2. – P. 273–282.
164. Tarakanov, R. I. Genetic and phenotypical diversity of *Pseudomonas syringae* population in the Russian Federation / R. I. Tarakanov, A. N. Ignatov, F. S.-U. Dzhililov // *Brazilian J. of Biology*. – 2022. – Vol. 84. – Art. e264224. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.264224>
165. Spotts, R. A. Copper, oxy tetracycline, and streptomycin resistance of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* strains from pear orchards in Oregon and Washington / R. A. Spotts, L. A. Cervantes // *Plant Disease*. – 1995. – Vol. 79, № 11. – P. 1132–1135.
166. Epiphytic fitness of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* on mango trees is increased by 62-Kb plasmids / F. M. Cazorla [et al.] // *Pseudomonas syringae* and related pathogens. Biology and genetic : conf. proc. / ed.: N. S. Iacobellis [et al.]. – Dordrecht, 2003. – P. 79–88.
167. Copper-tolerance in *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* and *Xanthomonas* spp. and the control of diseases associated with these pathogens in tomato and pepper. A systematic literature review / K. Griffin [et al.] // *Crop protection*. – 2017. – Vol. 96. – P. 144–150.
168. Huang, T. C. Characterization of plasmids that encode streptomycin resistance in bacterial epiphytes of apple / T. C. Huang, T. J. Burr // *J. of Appl. Microbiology*. – 1999. – Vol. 86 (5). – P. 741–751.
169. Cameron, A. *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*: chemical control, resistance mechanisms and possible alternatives / A. Cameron, V. Sarojini // *Plant Pathology*. – 2014. – Vol. 63, iss. 1. <https://doi.org/10.1111/ppa.12066>
170. Chiou, C. S. Nucleotide sequence analysis of a transposon (Tn5393) carrying streptomycin resistance genes in *Erwinia amylovora* and other gram-negative bacteria / C. S. Chiou, A. L. Jones // *J. of Bacteriology*. – 1993. – Vol. 175, № 3. – P. 732–740.
171. Innovative Delivery of Cu(II) ions by a nanostructured hydroxyapatite: potential application in planta to enhance the sustainable control of *Plasmopara viticola* / E. Battiston [et al.] // *Phytopathology*. – 2019. – Vol. 109 (5). – P. 748–759.
172. Mikiciński, A. Efficacy of fungicides and essential oils against bacterial diseases of fruit trees / A. Mikiciński, P. Sobiczewski, S. Berzyński // *J. of Plant Protection Res.* – 2012. – Vol. 52, № 4. – P. 467–471.
173. Курилова, Д. А. Сравнительная оценка эффективности тирамсодержащих фунгицидов в отношении бактериоза семян сои / Д. А. Курилова // *Рисоводство*. – 2021. – Т. 53, № 4. – С. 62–65.
174. Горобей, И. М. Проблема бактериозов растений и подходы к ее решению / И. М. Горобей, Г. М. Осипова // *Сиб. вестн. с.-х. науки*. – 2017. – Т. 47, № 4. – С. 94–102.
175. Conlin, K. C. Effectiveness of selected chemicals in inhibiting *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* *in vitro* and in controlling bacterial speck / K. C. Conlin, S. M. McCarter // *Plant Disease*. – 1983. – Vol. 67, № 6. – P. 639–644.
176. Tarakanov, R. I. Using of essential oils and plant extracts against *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea* and *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens* on Soybean / R. I. Tarakanov, F. S.-U. Dzhililov // *Plants (Basel)*. – 2022. – Vol. 11 (21). – P. 2989.
177. Seed and soil treatments with a natural fungicide product against some fungal and bacterial diseases of vegetables [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20063209990>. – Date of access: 28.04.2023.
178. Identification and characterization of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, a causative bacterium of apple canker in Korea / S. Lee [et al.] // *The Plant Pathology J.* – 2023. – Vol. 39 (1). – P. 88–107.
179. Carbal, J. P. Mode of antibacterial action of dodine (dodecylguanidine monoacetate) in *Pseudomonas syringae* / J. P. Cabral // *Canad. J. of Microbiology*. – 1992. – Vol. 38, № 2. – P. 115–123.
180. Carbal, J. P. Damage to the cytoplasmic membrane and cell death caused by dodine (dodecylguanidine monoacetate) in *Pseudomonas syringae* ATCC 12271 / J. P. Cabral // *Antimicrobial agents and chemotherapy*. – 1991. – Vol. 35, № 2. – P. 341–344.
181. Cabral, J. P. Dodecylguanidine monoacetate (dodine) causes severe membrane damage in *Pseudomonas syringae* above the critical micelle concentration / J. P. Carbal // *J. of Basic Microbiology*. – 1993. – Vol. 33, № 4. – P. 219–225.
182. Moragrega, C. Evaluation of drench treatments with phosphonate derivatives against *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* on pear under controlled environment conditions / C. Moragrega, C. Manceau, E. Montesinos // *Europ. J. of Plant Pathology*. – 1998. – Vol. 104 (2). – P. 171–180.
183. Postiva fungicide technical bulletin [Electronic resource]. – Mode of access: https://assets.greencastonline.com/pdf/media/syng_7180_1_4_Postiva_TechBulletin_final_LR_singles.pdf. – Date of access: 29.04.2023.
184. Miravis® Era Co-Pack. Safety data sheet [Electronic resource]. – Mode of access: https://assets.syngenta.ca/pdf/ca/msds/Miravis_Era_copack_en_sds.pdf. – Date of access: 29.04.2023.
185. Bactericidal compounds controlling growth of the plant pathogen *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*, which forms biofilms composed of a novel exopolysaccharide / S. Ghods [et al.] // *Appl. a. Environmental Microbiology*. – 2015. – Vol. 81, № 12. – P. 4026–4036.
186. Honório, A. P. Effect of Bayfolan® copper on the control of *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* *in vitro* / A. P. Honório, R. R. Goulartm, E. M. Baquião // *Rev. Agrogeambiental*. – 2019. – Vol. 11, № 4. – P. 43–51.
187. Javadi-Dodaran, N. Isolation and characterization of bacterial endophytes from weeds against *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* causing bacterial canker of stone fruit trees / N. Javadi-Dodaran, R. Khakvar, N. Aliasgarzad // *Fundamental a. Appl. Agriculture*. – 2022. – Vol. 7, № 2. – P. 104–111.

188. Mougou, I. Biocontrol of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* affecting citrus orchards in Tunisia by using indigenous *Bacillus* spp. and garlic extract / I. Mougou, N. Boughalleb-Mhamdi // *Egypt. J. of Biological Pest Control*. – 2018. – Vol. 28. – Art. 60. <https://doi.org/10.1186/s41938-018-0061-0>
189. Wangspa, R. Role of ergosterol in growth inhibition of *Saccharomyces cerevisiae* by syringomycin E / R. Wangspa, J. Y. Takemoto // *FEMS Microbiology Letters*. – 1998. – Vol. 167 (2). – P. 215–220.
190. Popović, T. Antagonistic activity of *Bacillus* and *Pseudomonas* soil isolates against *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* / T. Popović // *Proc. of the intern. symp. on current trends in plant protection, Belgrade, Serbia, 25–28th Sept. 2012 / Inst. for Plant Protection a. Environment, 2012*. – P. 352–356.
191. Конструирование бактериофагового препарата для биоконтроля *Pseudomonas syringae* в растениеводстве / В. Д. Васильев [и др.] // *Вестн. Ульян. гос. с.-х. акад.* – 2020. – С. 130–137.
192. Самойлова, А. Бактериофаги *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* перспективные в подавлении развития бактериального рака плодовых / А. Самойлова // *Genetica, fiziologia și ameliorarea plantelor : VIIth Intern. sci. conf., Chișinău, Moldova, 4–5 octombrie 2021*. – P. 327 – 329. <https://doi.org/10.53040/gppb7.2021.88>
193. Григорцевич, Л. Н. Бактериофаг против возбудителя бактериоза плодовых / Л. Н. Григорцевич, А. Ф. Былинский // *Актуальные проблемы биологической защиты растений : материалы науч.-практ. конф., Минск, 12–14 нояб. 1998 г. / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Акад. аграр. наук Респ. Беларусь, Белорус. науч.-исслед. ин-т защиты растений*. – Минск, 1998. – С. 46.
194. Григорцевич, Л. Н. Биологические средства в интегрированной системе защиты от болезней семечковых культур / Л. Н. Григорцевич // *Эколого-экономические основы усовершенствования интегрированных систем защиты растений от вредителей, болезней и сорняков : тез. докл. науч.-произв. конф., посвящ. 25-летию БелНИИЗР, Минск – Прилуки, 14–16 февр. 1996 г. / Белорус. науч.-исслед. ин-т защиты растений*. – Минск, 1996. – Ч. 1. – С. 106–107.
195. Григорцевич, Л. Н. Эффективность лечебных замазок при залечивании ран, вызванных возбудителями раковых заболеваний / Л. Н. Григорцевич, В. Н. Копица // *Современные проблемы плодоводства : тез. докл. науч. конф., посвящ. 70-летию Белорус. науч.-исслед. ин-та плодоводства, Самохваловичи, 9–13 окт. 1995 г. / Мин. сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Акад. аграр. наук Респ. Беларусь, Белорус. науч.-исслед. ин-т плодоводства ; редкол.: В. А. Самусь (гл. ред.) [и др.]*. – Самохваловичи, 1995. – С. 96–97.
196. Оптимизация технологических параметров культивирования бактериофагов, перспективных для контроля фитопатогенных бактерий рода *Pseudomonas* / Т. А. Пилипчук [и др.] // *Eurasian J. of Appl. Biotechnology*. – 2021. – Т. 3. – С. 28–40.
197. Пилипчук, Т. А. Особенности молекулярно-генетической организации *Pseudomonas* Phage БИМ BV-45 Д / Т. А. Пилипчук, А. Э. Охремчук, Э. И. Коломиец // *Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. біял. навук*. – 2022. – Т. 67, № 2. – С. 190–196.
198. Study on antibacterial effect of essential oils of six plant species against *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* Van Hall 1902 and *Pseudomonas fluorescens* Migula 1894 / B. Shabani [et al.] // *J. of Plant Pathology*. – 2019. – Vol. 101 (3). – P. 671–675.
199. Kokoskova, B. Effectiveness of plant essential oils against *Erwinia amylovora*, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* and associated saprophytic bacteria on/in host plants / B. Kokoskova, D. Pouvova, R. Pavela // *J. of Plant Pathology*. – 2011. – Vol. 93, № 1. – P. 133–139.
200. A volatile signal controls virulence in the plant pathogen *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* and a strategy for infection control in organic farming [Electronic resource]. – Mode of access: <https://europepmc.org/article/PPR/PPR215706>. – Date of access: 29.04.2023.
201. Коновалова, Н. А. Устойчивость груши к бактериальному раку и парше / Н. А. Коновалова // *Защита растений в Республиках Прибалтики и Белоруссии : тез. докл. науч.-практ. конф., 25–26 сент. 1985 г. / Запад. отд-ние Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина [и др.] ; редкол.: В. А. Щербakov (науч. ред. и сост.) [и др.]*, Таллин, 1985. – Ч. II. – С. 30–31.
202. Susceptibility of European pear cultivars to *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* using immature fruit and detached leaf assays / C. Moragrega [et al.] // *Europ. J. of Plant Pathology*. – 2003. – Vol. 109. – P. 319–326.
203. Bedford, K. E. Use of a detached leaf bioassay for screening sweet cherry cultivars for bacterial canker resistance / K. E. Bedford, P. L. Sholberg, F. Kappel // *Acta Horticulturae*. – 2003. – Vol. 622. – P. 365–368. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.622.37>

BACTERIAL CANKER OF FRUIT PLANTS (*PSEUDOMONAS SYRINGAE* PV. *SYRINGAE*)

V. Y. LAGONENKO

Abstract

The review article provides information on the spread and major symptoms of bacterial canker that is one of the most dangerous diseases of fruit plants caused by the phytopathogenic bacteria *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. Data on the development cycle, virulence factors and methods for identifying the pathogen, as well as on disease control measures, including the use of chemical and biological plant protection products, are given. The article presents basic information about the resistance of varieties and hybrids to bacterial canker in the natural environment and in vitro conditions.

Keywords: *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, Pss, bacterial canker, fruit plants bacteriosis, identification of bacterial canker agent, control of bacterial canker.

Поступила в редакцию 18.06.2024

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

В изданиях РУП «Институт плодородства» публикуются результаты экспериментальных и теоретических исследований в области плодородства. 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 «Плодородство».

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 учреждения, где работает автор (авторы), его адрес 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 требованиям ГОСТ 7.1–2003, располагается в конце текста, ссылки нумеруются согласно порядку цитирования в тексте, порядковые номера пишутся внутри квадратных скобок. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются).*

Статьи должны быть подписаны всеми авторами. Рукописи, не отвечающие этим требованиям, отклоняются или возвращаются автору (авторам) на доработку. Редакция оставляет за собой право сокращать и исправлять рукопись по согласованию с автором.

Статьи следует направлять по адресу: **РУП «Институт плодородства». Отдел информации, внедрения и маркетинга. Ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь. Телефон: (017) 506 61 40. E-mail: belhort@belsad.by.**

Научное издание

ПЛОДОВОДСТВО

FRUIT-GROWING

Сборник научных трудов

Основан в 1971 году

Том 36

Редактор *Т. С. Климович*

Художественный редактор *Ю. П. Барабанова*

Технический редактор *О. А. Ткачева*

Компьютерная верстка *И. В. Счеснюк*

Переводчик на английский язык *П. Д. Махинов*

Подписано в печать 10.09.2024. Формат 60×84¹/₈. Бумага офсетная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 17,21. Уч.-изд. л. 13,8. Тираж 150 экз. Заказ 177.

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.