

## ОЦЕНКА ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ ПЛОДОВ ЯБЛОНИ ПРОМЫШЛЕННОГО СОРТИМЕНТА К ГОРЬКОЙ ЯМЧАТОСТИ ПРИ ХРАНЕНИИ

О. С. КАРАНИК, Д. И. МАРЦИНКЕВИЧ, А. М. КРИВОРОТ,  
Г. А. НОВИК, М. Г. МАКСИМЕНКО

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

### АННОТАЦИЯ

Исследования проводили в 2023–2024 гг. в отделе хранения и переработки РУП «Институт плодоводства».

Объектами исследований являлись плоды пяти сортов яблони (Алеся, Арнабель, Весяліна, Лигол, Редкрафт), составляющие основу свежей товарной продукции института.

В результате исследований выявлена предрасположенность плодов вышеуказанных сортов яблони к горькой ямчатости на основании содержания элементов минерального питания (кальций, калий и магний) и их соотношений: минимальное значение – у сортов белорусской селекции Алеся (1,0 %) и Весяліна (2,3 %), высокий процент – Арнабель (9,7 %) и Редкрафт (9,8 %), максимальное значение – у сорта Лигол (15,5 %).

*Ключевые слова:* плоды, яблоня, минеральный состав, кальций, калий, магний, горькая ямчатость, хранение, Беларусь.

### ВВЕДЕНИЕ

У ряда коммерчески значимых сортов яблони при недостатке кальция в тканях плодов наблюдается такое физиологическое расстройство, как горькая ямчатость [1].

У плодов, пораженных горькой ямчатостью, на кожице появляются углубленные мелкие, шириной до нескольких миллиметров, неравномерно округлые пятна. Возникает небольшое по размеру изменение окраски мякоти плода непосредственно под кожицей яблока. Часто пятна остаются еще зелеными, когда основная окраска уже желтеет. Под кожицей отмирают отдельные клетки и окрашиваются в бурый цвет. В большинстве случаев поражается верхняя, обращенная к чашечке половина плода. Плоды, пораженные горькой ямчатостью, имеют горький вкус [2].

Горькая ямчатость (подкожная пятнистость) является следствием нарушения минерального баланса в плодах главным образом из-за недостаточного количества кальция в них. Кальций, участвуя в физиологических процессах клеток, обеспечивая целостность и стабильность клеточных мембран, клеточной стенки, усиливает устойчивость плодов к грибковым и бактериальным инфекциям [3], способствует ингибированию процессов созревания и старения плодов, поддержанию на определенном уровне физиолого-биохимических процессов, что обеспечивает наибольшую естественную устойчивость к грибным заболеваниям и физиологическим расстройствам при хранении.

Кальций отличается от других питательных веществ тем, что он переносится в плоды в гораздо меньших количествах, чем в листья, но несмотря на важную роль в обеспечении качества плодов яблони, его концентрация в яблоках на порядок ниже, чем в вегетативных органах, что связано с особенностями транспорта данного элемента в многолетних древесных растениях [4, 5]. Симптомы локального недостатка кальция наблюдаются в частях растений, снабженных в большей степени через флоэму, чем через ксилему, – это молодые листья и плоды [6–8].

На появление горькой ямчатости решающим образом влияет нарушение обмена веществ, отражающееся в соотношении трех элементов минерального питания яблони – калий (K), кальций (Ca) и магний (Mg), а также распределение кальция в плодах [9, 10]. Показано, что риск развития описываемого физиологического расстройства связан с соотношениями Ca/Mg, K/Ca и (K + Mg)/Ca в плодах яблони [11–17].

Согласно исследованиям В. А. Гудковского, механизм повреждения плодов горькой ямчатостью состоит в том, что при дефиците кальция в плодах (менее 4,5 мг/100 г) клеточные мембра-

ны подвергаются преждевременному разрушению (окислению), приводя к отмиранию тканей и появлению типичных признаков заболевания [15].

Т. Г. Причко, М. Г. Германова, Н. В. Дрофичева установили, что определение соотношения К/Са в плодах в период роста и перед закладкой их на хранение может служить способом ранней диагностики и определения предрасположенности плодов яблони к горькой ямчатости при хранении. Оптимальное соотношение К и Са должно находиться в пределах 10,2–13,0. Согласно авторам, использование данного способа позволит упростить прогнозирование сроков хранения яблок, обеспечить возможность проведения прогнозирования развития горькой ямчатости на плодах до закладки на хранение, а также объективно определять срок съема плодов по уровню содержания калия и кальция в кожуре яблок и их соотношение, что будет способствовать уменьшению потерь при хранении [13].

*Цель исследований* – определение соотношений минеральных элементов питания в плодах промышленного сортимента яблони для оценки предрасположенности возникновения горькой ямчатости при хранении.

### ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследований являлись плоды пяти сортов яблони (Алеся, Арнабель, Веселяна, Лигол, Редкрафт), выращенные в саду отдела хранения и переработки и составляющие основу свежей товарной продукции РУП «Институт пловодства».

Почва сада дерново-подзолистая суглинистая. Агрохимическая характеристика опытных участков сада: содержание гумуса – 2,37 %; pH почвы – 5,5–5,9; фосфор – 157,00–176,00 мг, калий – 182,00–234,00, кальций – 1192,00, магний – 434,00, сера – 1,20, бор – 0,76 мг на кг почвы.

Система защиты сада отдела хранения и переработки РУП «Институт пловодства» в 2023–2024 гг.:

Азофос (10 кг/га) – фенофаза «начало роста почки»;  
Актара (0,14 кг/га) + Хорус (0,2 кг/га) – фенофаза «распускание почки»;  
Фаскорд (0,2 л/га) + Каптан (1,5 кг/га) – фенофаза «выдвигание соцветий»;  
Приам (0,6 л/га) – фенофаза «появление венчиков»;  
Миравис (0,25 л/га) – фенофаза «цветение»;  
Медя (1 л/га) – фенофаза «опадение лепестков»;  
Мовенто Энерджи (0,8 л/га) + Дафна (0,3 л/га) – фенофаза «завязывание плодов»;  
Медя (1 л/га) + Актара (0,14 кг/га) – фенофаза «смыкание чашелистиков»;  
Волиам Тарго (0,8 л/га) + Хорус (0,2 кг/га) – фенофаза «размер плода с грецкий орех»;  
Миравис (0,25 л/га) – фенофаза «размер плода с грецкий орех»;  
Луна Транквилити (1 л/га) + Децис (0,125 л/га) – фенофаза «рост плодов I»;  
Калина (0,18 л/га) + Серкадис Плюс (1 л/га) – фенофаза «рост плодов II»;  
Медя (1 л/га) – фенофаза «рост плодов III»;  
Серкадис Плюс (1 л/га) – фенофаза «рост плодов IV».

Товарность плодов определяли в момент уборки согласно СТБ 2288-2012 [18].

Опыт по хранению проводился согласно «Методическим рекомендациям по хранению плодов, овощей и винограда» [19].

Определение содержания макроэлементов (Са, К, Mg) в кожуре плодов с признаками горькой ямчатости проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре VARIAN AA240FS (Австралия) после 120 дней хранения в обычной газовой среде при температуре +2...+4 °С и относительной влажности воздуха 90–95 %.

Предварительное охлаждение плодов перед закладкой на хранение производили в холодильных камерах в течение 12 ч при температуре +4...+6 °С.

Плоды закладывали в пластиковые ящики размером 600 × 400 × 300 см. Повторность опыта трехкратная, в каждой повторности не менее 10 кг.

Распространенность горькой ямчатости определяли путем взвешивания пораженных плодов. Результаты выражали в процентах к общей массе продукции, заложенной на хранение.

Статистическую обработку полученных данных проводили методом однофакторного дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [20].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основными элементами минерального состава, оказывающими влияние на лежкоспособность плодов яблони и их устойчивость к болезням, являются кальций, калий и магний. Установлено, что наибольшая устойчивость яблок к заболеваниям при хранении наблюдается при повышенном содержании кальция (не менее 5 мг/100 г сырого вещества) с одновременным содержанием магния не более 5 мг/100 г [11].

После 120 дней хранения у всех исследуемых сортов была выявлена горькая ямчатость на плодах: минимальное значение – у сортов белорусской селекции Алеся (1,0 %) и Весяліна (2,3 %), высокий процент – Арнабель (9,7 %) и Редкрафт (9,8 %), максимальное значение – у сорта Лигол (15,5 %), что говорит о различном уровне их предрасположенности к данному физиологическому расстройству.

В результате оценки содержания отдельных элементов минерального питания в плодах с горькой ямчатостью установлено, что концентрация кальция в плодах у всех исследуемых сортов превышала 5 мг/100 г сырого вещества после 120 дней хранения, что соответствует уровню, достаточному для обеспечения устойчивости к проявлению горькой ямчатости при хранении (табл. 1).

При этом одновременное содержание магния в пораженных плодах превысило пороговое значение в 5 мг/100 г сырого вещества, что и привело к развитию физиологического расстройства у всех исследуемых образцов при хранении из-за дисбаланса в содержании элементов. Содержание калия также было достаточно высоким: от 170,0 мг/100 г сырого вещества у сорта Лигол до 200,3 мг/100 г сырого вещества у сорта Арнабель.

Таблица 1. Содержание элементов минерального питания в плодах яблони с горькой ямчатостью после 120 дней хранения (2023–2024 гг.), мг/100 г сырого вещества

Сорт	Ca	K	Mg
Алеся	11,4	195,2	21,2
Арнабель	12,4	200,3	19,2
Весяліна	11,5	177,7	16,9
Лигол	6,3	170,0	7,8
Редкрафт	13,5	173,3	19,4
НСР <sub>0,05</sub>	0,69	0,61	0,31

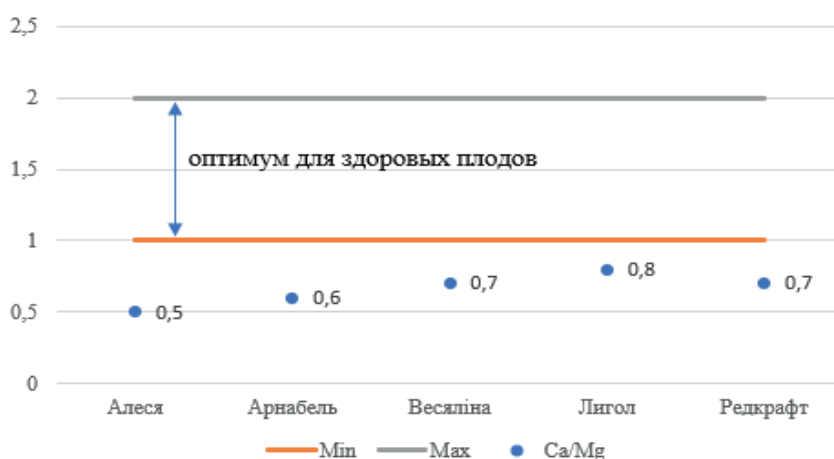
Для более точной оценки предрасположенности сортов яблони к проявлению горькой ямчатости на плодах в период хранения были определены соотношения Ca/Mg, K/Ca и (K + Mg)/Ca в исследуемых образцах (табл. 2).

Таблица 2. Соотношение минеральных элементов в кожце плодов яблони с горькой ямчатостью после хранения (2023–2024 гг.), относительных единиц (о. е.)

Сорт	Ca/Mg	K/Ca	(K + Mg)/Ca
Алеся	0,5	17,0	18,9
Арнабель	0,6	16,1	17,7
Весяліна	0,7	15,4	16,9
Лигол	0,8	26,8	28,0
Редкрафт	0,7	12,8	14,3
НСР <sub>0,05</sub>	0,37	0,19	0,35

В результате исследований Т. Г. Причко (2011), В. А. Гудковского (1990) установлены оптимальные значения соотношения концентраций Ca/Mg, которые должны находиться в пределах

1,0–2,0 о. е. У всех исследуемых образцов значение соотношения было ниже 1,0 о. е. из-за повышенного содержания магния в плодах (см. рисунок).



Соотношение содержания кальция и магния в кожуре плодов яблоки с горькой ямчатостью после хранения, 2023–2024 гг.

Согласно Т. Г. Причко (2016), оптимальное соотношение К/Са в плодах должно находиться в пределах 10,2–13,0 о. е., что позволяет исключить распространение горькой ямчатости в процессе хранения. Из исследуемых образцов только сорт Редкрафт (12,8 о. е.) по данному соотношению входит в обозначенный диапазон (ближе к верхней его границе), что говорит о повышенном содержании калия в плодах других сортов.

По мнению В. А. Гудковского (1990), соотношение между суммой калия и магния и содержанием кальция в плодах не должно превышать 25,0 о. е. Исследуемый сорт Лигол превысил данное значение на 3,0 о. е., что привело к значительным повреждениям плодов горькой ямчатостью в период хранения (15,5 %).

Т. Г. Причко и соавторы (2011) считают, что оптимальная величина соотношения между суммой калия и магния и содержанием кальция в плодах должна быть в пределах 11,0–15,0 о. е., при этом величина оптимума у разных сортов неодинакова. Из исследуемых сортов в указанный диапазон значений вошел сорт Редкрафт (14,3 о. е.).

Из вышеизложенного следует, что с учетом оптимальных параметров элементного состава плодов (величина соотношения содержания кальция и магния составляет 1,0–2,0 о. е., величина соотношения содержания суммы калия и магния к содержанию кальция – 11,0–15,0 о. е. и величина соотношения содержания калия и кальция – 10,2–13,0 о. е.), исследуемые сорта оказались предрасположенными к возникновению горькой ямчатости при хранении из-за дисбаланса минерального состава.

Для снижения потенциального риска поражения плодов горькой ямчатостью при хранении необходимо применение агротехнических приемов, устраняющих дисбаланс в содержании отдельных элементов питания в плодах яблоки, основная задача которых заключается в своевременном обеспечении растений питательными веществами в доступной форме и оптимальном количестве. При этом следует помнить, что как недостаток, так и избыток питательных элементов снижают урожайность и ухудшают свойства плодов, но наибольший вред качеству продукции приносит именно избыточное питание.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценена предрасположенность плодов пяти сортов яблоки (Алеся, Арнабель, Весяліна, Лигол, Редкрафт) к горькой ямчатости на основании содержания элементов минерального питания (кальций, калий и магний) и их соотношений. Горькая ямчатость на плодах была выявлена у всех исследуемых сортов после хранения: минимальное значение – у сортов белорусской се-

лекции Алеся (1,0 %) и Весялина (2,3 %), высокий процент – Арнабель (9,7 %) и Редкрафт (9,8 %), максимальное значение – у сорта Лигол (15,5 %).

Установлено, что плоды всех сортов в поверхностном слое содержат 6,3–13,5 мг кальция на 100 г сырого вещества, что в 1,3–2,7 раза соответственно превышает желательный уровень 5 мг/100 г. Содержание магния в пораженных плодах превысило пороговое значение в 5 мг/100 г сырого вещества в 1,6–4,2 раза. Явно выраженный дисбаланс в содержании этих элементов сказался на уровне их соотношения, а также совместного соотношения в сочетании с калием и привел к возникновению горькой ямчатости у всех исследуемых образцов при хранении.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Relationship between xylem functionality, calcium content and the incidence of bitter pit in apple fruit / A. Miqueloto, C. V. T. Amarante, C. Steffens [et al.] // *Scientia Horticulturae*. – 2014. – Vol. 165. – P. 319–323.
2. Хранение плодов / В. Фетткенхойер, В. Х. Хельд, Б. Хофер [и др.] ; пер. с нем. И. М. Спичкина ; под ред. и с предисл. А. М. Ульянова. – М. : Колос, 1984. – 367 с.
3. Пазухин, С. А. Влияние физиологически активных веществ на формирование качественных характеристик плодов яблони при хранении / С. А. Пазухин, Ж. Э. Мазец, А. М. Криворот // *Весці БДПУ. Серыя 3. Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія*. – 2013. – № 1. – С. 10–14.
4. Леоничева, Е. В. Некоторые особенности динамики кальция в системе «побеги – листья – плоды яблони» / Е. В. Леоничева, Т. А. Роева, Л. И. Леонтьева // *Современное садоводство*. – 2018. – № 3. – С. 131–138.
5. Saure, M. C. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control / M. C. Saure // *Scientia Horticulturae*. – 2005. – Vol. 105. – P. 65–89.
6. Трунов, Ю. В. Биологические основы минерального питания яблони. Минеральное питание и удобрение яблони / Ю. В. Трунов. – Воронеж : Кварта, 2013. – 428 с.
7. White, P. J. Calcium in Plants / P. J. White, M. R. Broadley // *Annals of Botany*. – 2003. – Vol. 92, № 4. – P. 487–511.
8. Bitter pit in apples: pre- and postharvest factors: a review / T. Jemrić, I. Fruk, M. Fruk [et al.] // *Spanish Journal of Agricultural Research*. – 2016. – Vol. 14. – P. 1–12.
9. Kuzin, A. Essential role of potassium in apple and its implications for management of orchard fertilization / A. Kuzin, A. Solovchenko // *Plants*. – 2021. – Vol. 10 (12). – URL: <https://www.mdpi.com/2223-7747/10/12/2624> (date of access: 23.02.2024).
10. Криворот, А. М. Влияние некорневого внесения макро- и микроэлементов на продуктивность деревьев и качество плодов яблони при хранении / А. М. Криворот, Е. С. Боровик // *Плодоводство : сб. науч. тр. / Ин-т плодоводства, НАН Беларуси ; редкол.: В. А. Матвеев (гл. ред.) [и др.]*. – Самохваловичи, 2004. – Т. 16. – С. 237–242.
11. Гудковский, В. А. Система сокращения потерь и сохранение качества плодов и винограда при хранении : метод. рекомендации / В. А. Гудковский. – Мичуринск : ВНИИС, 1990. – 120 с.
12. Криворот, А. М. Технологии хранения плодов / А. М. Криворот. – Минск : ИВЦ Минфина, 2004. – 262 с.
13. Патент RU 2593347 C1, МПК G01N 33/02, A01F 25/00. Способ ранней диагностики и определения предрасположенности плодов яблони к горькой ямчатости при хранении : № 2015132790/15 : заявлено 05.08.2015 : опубл. 10.08.2016 / Причко Т. Г., Германова М. Г., Дрофичева Н. В. ; заявитель Сев.-Кавк. зон. науч.-исслед. ин-т садоводства и виноградарства. – 6 с.
14. Tissue sampling method and mineral attributes to predict bitter pit occurrence in apple fruit: a multivariate approach / C. Amarante, J. P. G. Silveira, C. Steffens [et al.] // *Acta Horticulturae*. – 2013. – Vol. 1012. – P. 1133–1139.
15. Гудковский, В. А. Физиологические основы поражения плодов яблони подкожной пятнистостью и другими заболеваниями и система мер их предупреждения / В. А. Гудковский // *Научно-практические достижения и инновационные пути развития производства продукции садоводства для улучшения структуры питания и здоровья человека : материалы науч.-практ. конф., г. Мичуринск, 8–10 сент. 2008 г. / редкол.: А. В. Гудковский (отв. ред.) [и др.]*. – Мичуринск : Изд-во МичГАУ, 2008. – С. 90–97.
16. Причко, Т. Г. Оценка эффективности новых кальцийсодержащих препаратов в борьбе с горькой ямчатостью плодов яблони / Т. Г. Причко, Т. Л. Смелик // *Научные труды СКЗНИИСиВ : сб. науч. тр. / Сев.-Кавк. зон. науч.-исслед. ин-т садоводства и виноградарства ; редкол.: Е. А. Егоров (гл. ред.), И. А. Ильина, Э. В. Макарова*. – Краснодар, 2015. – Т. 7. – С. 143–146.
17. Moggia, C. Mineral content of different apple cultivars in relation to fruit quality during storage / C. Moggia, J. A. Yuri, M. Pereira // *Acta Horticulturae*. – 2006. – Vol. 721. – P. 265–272.
18. Яблоки свежие поздних сроков созревания. Технические условия = Яблыкі свежыя позніх тэрмінаў паспявання. Тэхнічныя ўмовы : СТБ 2288-2012 ; введ. 01.07.2013. – Минск : Госстандарт : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2013. – 20 с.
19. Методические рекомендации по хранению плодов, овощей и винограда. Организация и проведение исследований / под общ. ред. С. Ю. Дженева, В. И. Иванченко. – Ялта : Ин-т винограда и вина «Магарач», 1998. – 152 с.
20. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования) : учеб. и учеб. пособия для высш. учеб. заведений / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

**ASSESSMENT OF THE SUSCEPTIBILITY OF COMMERCIAL APPLE FRUITS  
TO BITTER PIT DURING STORAGE**

O. S. KARANIK, D. I. MARCINKEVICH, A. M. KRIVOROT, G. A. NOVIK, M. G. MAKSIMENKO

**Abstract**

The study was conducted in 2023–2024 at the Storage and Processing Department of the RUE ‘Institute of Fruit Growing’. The research focused on fruits of five apple cultivars (Alesya, Arnabel, Vesyalina, Ligol, and Redkraft), which form the core of the institute’s commercial fresh fruit production.

The results revealed cultivar-specific susceptibility of apple fruits to bitter pit, based on the content and ratios of mineral nutrients (calcium, potassium, and magnesium). The lowest incidence was observed in the Belarusian-bred cultivars Alesya (1.0 %) and Vesyalina (2.3 %), while higher percentages were recorded in Arnabel (9.7 %) and Redkraft (9.8 %). The highest susceptibility was noted in Ligol (15.5 %).

*Keywords:* fruits, apple, mineral composition, calcium, potassium, magnesium, bitter pit, storage, Belarus.

*Поступила в редакцию 04.02.2025*