

УДК 634.11:631.563.632

UDC 634.11:631.563.632

DOI 10.30679/2219-5335-2022-2-74-171-186

DOI 10.30679/2219-5335-2022-2-74-171-186

**ИЗУЧЕНИЕ ЛЕЖКОСПОСОБНОСТИ
ПЛОДОВ СОРТОВ
И ФОРМ ЯБЛОНИ**

**RESEARCH OF THE KEEPING
QUALITY FRUITS OF VARIETIES
AND FORMS OF APPLE TREES**

Челебиев Эдем Фахриевич
младший научный сотрудник
лаборатории селекции и сортоизучения
e-mail: edem_chelebiev@mail.ru

Chelebiev Edem Fakhrievich
Junior Research Associate
of Breeding and Variety Studies Laboratory
e-mail: edem_chelebiev@mail.ru

Халилов Эрфан Серанович
младший научный сотрудник
лаборатории селекции и сортоизучения
e-mail: dgerf.um@inbox.ru

Khalilov Erfan Seranovich
Junior Research Associate
of Breeding and Variety Studies Laboratory
e-mail: dgerf.um@inbox.ru

Усков Максим Константинович
инженер-исследователь
лаборатории селекции и сортоизучения
e-mail: m0992497215@yandex.ru

Uskov Maxim Konstantinovich
Research Engineer
of Breeding and Variety Studies Laboratory
e-mail: m0992497215@yandex.ru

*Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
«Ордена Трудового Красного Знамени
Никитский ботанический сад –
Национальный научный центр РАН»,
Ялта, Россия*

*Federal State Funded
Institution of Science
«The Labor Red Banner Order
Nikita Botanical Garden –
National Scientific Center of the RAS»,
Yalta, Russia*

В статье представлены результаты изучения лежкоспособности сортов и селекционных форм яблони осеннего и зимнего сроков созревания, естественной убыли массы при хранении в нерегулируемой газовой среде в условиях предгорной зоны Крыма. В связи с проводимой правительством политикой импортозамещения, перед селекционерами и плодоводами стоят задачи по выведению и внедрению в производство новых сортов с высокой адаптивностью к условиям выращивания и хранения, пригодных для современных интенсивных насаждений. Рациональный подбор генотипов для закладки на хранение – один из наиболее эффективных способов сокращения потерь в период хранения. Изучение лежкоспособности проводилось в нерегулируемой газовой среде

The article presents the results of studying the keeping quality of varieties and breeding forms of apple trees of autumn and winter maturation periods, natural weight loss during storage in an unregulated gas environment in the conditions of the foothill zone of the Crimea. Breeders and fruit growers are faced with the task of breeding and introducing into production new varieties with high adaptability to growing and storage conditions suitable for modern intensive plantings in connection with the government's import substitution policy. Rational selection of genotypes for storage is one of the most effective ways to reduce losses during storage. The study of keeping quality was carried out in an unregulated gas environment at a temperature

при температуре +2 °С, и относительной влажности воздуха 85-90 %. Определение болезней в период хранения проводили визуально, согласно определителю болезней растений. Лежкоспособность обусловлена генотипически, и различные режимы хранения не могут изменять общей направленности процесса созревания плодов, но влияют на интенсивность его прохождения. При подборе сортимента закладываемых сортов яблони на длительное хранение необходимо учитывать их сортовую (индивидуальную) реакцию на определенный температурный режим. Лежкоспособность обусловлена генетическими особенностями, но на нее в большей мере влияют условия вегетационного периода, сроки съема, послеуборочная обработка плодов, стабильность режима хранения. Среди представленных сортообразцов выделены генотипы, которые способны сохранять высокие товарные и потребительские качества плодов. Использование выделенных генотипов в качестве исходных форм при получении новых сортов позволит создать новое поколение адаптивных сортов пригодных к условиям выращивания юга России и повышенным потенциалом хранения в нерегулируемой газовой среде.

Ключевые слова: ЯБЛОНЯ, ЛЕЖКОСПОСОБНОСТЬ, ХРАНЕНИЕ, НЕРЕГУЛИРУЕМАЯ ГАЗОВАЯ СРЕДА, СЕЛЕКЦИЯ

of +2 ° C, and a relative humidity of 85-90 %. The determination of diseases during the storage period was carried out visually, according to the determinant of plant diseases. The keeping quality is genotypically determined, and different storage modes cannot change the general orientation of the fruit ripening process, but affect the intensity of its passage. It is necessary to take into account varietal (individual) reaction to a certain temperature regime when selecting the assortment of apple varieties to be laid for long-term storage. Keeping quality is due to genetic characteristics, but it is more influenced by the conditions of the growing season, the timing of removal, post-harvest processing of fruits, the stability of the storage regime. Genotypes that are able to maintain high commercial and consumer qualities of fruits are highlighted among the presented variety samples. The use of the selected genotypes as initial forms in obtaining new varieties will allow to create a new generation of adaptive varieties suitable for growing conditions in the south of Russia and increased storage potential in an unregulated gas environment.

Key words: APPLE TREE, KEEPING QUALITY, STORAGE, UNREGULATED GAS ENVIRONMENT, BREEDING

Введение. В связи с проводимой правительством политикой импорто-замещения, перед селекционерами и плодоводами стоят задачи по выведению и внедрению в производство новых сортов с высокой адаптивностью к условиям выращивания, пригодных для современных интенсивных насаждений.

Применение новых интенсивных и суперинтенсивных технологий возделывания данной культуры предъявляет следующие требования к новым сортам: компактность кроны, высокие товарно-потребительские каче-

ства, высокая устойчивость или иммунитет к основным грибным заболеваниям, лежкоспособность, скороплодность и высокая стабильная урожайность. Лежкоспособность обусловлена генетическими особенностями сорта, но на нее в большей степени влияют сроки съема плодов, степень зрелости, послеуборочная обработка плодов, температурный режим хранения.

Согласно данным Авиловой С.В. хранение и транспортировка яблок при отрицательных температурах в диапазоне температур минус $(2 \pm 0,5)$ °С приводили к значительному замедлению естественных физиологических реакций в них. Более того, характер, скорость и глубина качественных и количественных изменений зависели от биологических особенностей сорта. В ходе экспериментов было установлено, что химический состав плодов определяет степень устойчивости плодов к физиологическим нарушениям при различных условиях хранения [1].

Савельева Н.Н. в своих исследованиях установила, что Лесная яблоня (*Malus sylvestris* (L.) Mill.) несет аллели гена сниженного синтеза этилена, а яблоня туркменов (*M. turkmenorum* Juz. et M. Pop.), пурпуровидная (*M. purpureav. eleyi*) – экспансина, и являются донорами длительной лежкости и твердой мякоти плодов [2].

Lu L. в своей работе сравнил лежкость сортов Голден Делишес и Мэйхонг. Мейхонг и Голден Делишес – гетерозиготы ACS1-1/-2, что предполагает промежуточную твердость и относительно продолжительный период хранения плодов, но скорость выделения этилена в плодах сорта Мейхонг была ниже, чем в плодах сорта Голден Делишес во время хранения. Следовательно, плоды яблони Мейхонг подходят для хранения больше плодов сорта Голден Делишес за счет более низкой скорости метаболизма [3].

Особо остро стоит вопрос возможности сохранения плодов на протяжении длительного времени, что позволит обеспечить потребителей свежей продукцией, а пищевую промышленность непрерывным поступлением сырья на протяжении всего года.

Du M. утверждает, что вариант с содержанием в газовой среде 1 % CO₂ оказал наиболее значительное влияние на сохранение качества яблок, в то время как более высокое содержание CO₂ оказало негативное влияние на качество образцов. В условиях среды с 5 % CO₂ лежкость плодов составляла менее 45 дней, а внутреннее потемнение было серьезным, в то же время среда с 2%~3 % O₂ и с 1 % CO₂ был лучшим вариантом и наиболее эффективным при длительном хранении яблок [4].

По данным Duong N. T. C. реакция альгината с Ca²⁺ – эффективный крио протектор при охлаждении плодов, позволяет сохранить качество плодов после уборки при хранении в холодильнике, а также не несет вреда экологии [5].

В статье Гудковского В. доказывается, что снижение содержания кислорода до 0,8 % в системе регулируемой газовой среды ULO-2 и до 0,4 % в системе хранения плодов DCA, обработкой 1-MCP и без нее, не вызвало развития внутренних и внешних нарушений и появления неприятного запаха у плодов яблони, в частности у сорта Беркутовское [6].

Холмирзаев И.К. в своих исследованиях показал, что при хранении яблок важны оптимальные среды и концентрация препаратов, а также не менее важна относительная влажность среды [7].

Твердость яблок является важным качественным признаком в послеуборочной цепи хранения. Однако при послеуборочных обработках и хранении на производстве сталкиваются с различиями в твердости, которая существует в яблоках даже одной и той же партии и сорта. Матабура В.В. в ходе исследования была создана модель, которая позволяет управлять биологической изменчивостью и описывает как первоначальная изменчивость твердости распространяется в течение послеуборочной цепи в различных условиях хранения [8].

Н. Стасенко в своих исследованиях обучил нейросети U-Net и Deeplab распознавать и прогнозировать гниение и количественно его описывать в

яблоках, хранящихся при комнатной температуре. Данные исследования перспективны как новый метод контроля качества плодов при хранении [9].

Согласно данным Sulaimankhil Z. срок сбора урожая оказывает значительное влияние на внутреннее качество плодов во время сбора урожая и во время хранения. Яблоки были наилучшего качества в конце хранения, когда индекс зрелости на дату сбора составлял 0,22-0,17. Частота гниения и гнили линейно зависела от зрелости плодов: более поздний сбор урожая – больше потерь плодов при хранении [10].

Исследования Sun Q. показали, что совместное хранение плодов яблони и цитрусовых повышает качество плодов цитрусовых при хранении. Данное направление исследований перспективно тем, что с помощью взаимного влияния плодов различных видов при совместном хранении можно добиться такого же результата, как от химической обработки на качество и срок хранения плодов [11].

По данным Tokala V.Y. применение озона при хранении в холодильнике поддерживало более высокий уровень сахара, но увеличивало производство этилена в обоих сортах яблок. Не было зафиксировано существенного влияния антагонистов этилена (1Н-циклопропабензола (BC) и 1Н-циклопропа[b]нафталена (NC), а также 1-метилциклопропена (1-MCP)) и применения озона при хранении в холодильнике на производство этилена, дыхание и другие параметры качества фруктов. Однако результаты исследований показывают, что BC и NC являются потенциальными антагонистами этилена в плодах яблоках [12].

В своих исследованиях Wong J. X. установил, что низкая температура и достаточные периоды обработки экстрактом *Centella asiatica* могут эффективно подавлять рост микроорганизмов и индекс потемнения плодов, что предотвратит ухудшение качества свежесобранных фруктов и овощей [13].

Yi M., Kong J., Yu Z. было установлено, что термическая обработка эффективна для поддержания твердости мякоти плодов. Однако, данная обработка не подходит для применения при длительном хранении в связи с ускорением процессов созревания при ее применении [14].

По данным Zhang W., Cao, J., Jiang W. электролизованная вода обладает достаточной уничтожающей эффективностью в отношении порчи или патогенных микроорганизмов, остатков пестицидов и некоторых насекомых-вредителей, существующих на фруктах и овощах, без ущерба для их сенсорных и пищевых качеств в большинстве случаев. Однако оптимальные параметры обработки, такие как время промывки, наряду с физико-химическими свойствами такой воды, требуют дальнейшего исследования [15].

Изучив современные технологии хранения плодов, можно сделать вывод, что в настоящее время идут процессы как создания новых технологий, так и процесс совершенствования старых. Существует достаточно много данных о влиянии различных веществ и сред на продолжительность хранения плодов яблони, однако, к сожалению, не было найдено современных рекомендаций для использования тех или иных сортов и форм яблони при хранении на производстве и в селекции на признак лежкости и их сравнения между собой по комплексу признаков. [1-15].

Рациональный подбор генотипов для закладки на хранения – один из наиболее эффективных способов сокращения потерь в период хранения. В связи с вышеизложенным, изучение длительности хранения плодов различных сортов и селекционных форм, с целью выделения генотипов, обладающих высокой лежкоспособностью, для включения в селекционный процесс на данный признак, представляет, как практический, так и теоретический интерес.

Объекты и методы исследований. Работу проводили на базе ФГБУН «НБС-ННЦ» отделение «Крымская опытная станция садоводства» в период

2017-2019 гг. согласно общепринятым методикам [16, 17]. Объектами исследования служили сорта различного эколого-географического происхождения и селекционные формы (в том числе колонновидные), предварительно выделенные по комплексу хозяйственно ценных признаков из генофондовой коллекции, представленной в опытно-коллекционных насаждениях ФГБУН «НБС-ННЦ». В качестве контроля выбраны районированные сорта отечественной селекции Салгирское (осеннего срока созревания) и Таврия (зимнего срока созревания).

Изучение лежкоспособности проводилось в нерегулируемой газовой среде при температуре +2 °С [18,19], и относительной влажности воздуха 85-90 %. Определение болезней в период хранения проводили визуально, согласно определителю болезней растений [20] и альбому «Болезни плодов, овощей и картофеля при хранении» [21]. Учет пораженных плодов проводили по количеству с пересчетом на проценты.

Обсуждение результатов. Способность плодов сохранять высокие товарные и потребительские качества в период хранения обуславливают их лежкоспособность. Данная способность обусловлена генотипически, и различные режимы хранения не могут изменять общей направленности процесса созревания плодов, но влияют на интенсивность его прохождения. При подборе сортимента закладываемых сортов яблони на длительное хранение необходимо учитывать их сортовую (индивидуальную) реакцию на определенный температурный режим.

Для реализации поставленной цели, изучение лежкоспособности включало в себя: продолжительность хранения, выход стандартных плодов, естественная убыль массы плодов, оценка вкуса на момент завершения хранения. Результаты изучения длительности хранения образцов осеннего срока созревания представлены на рис. 1.

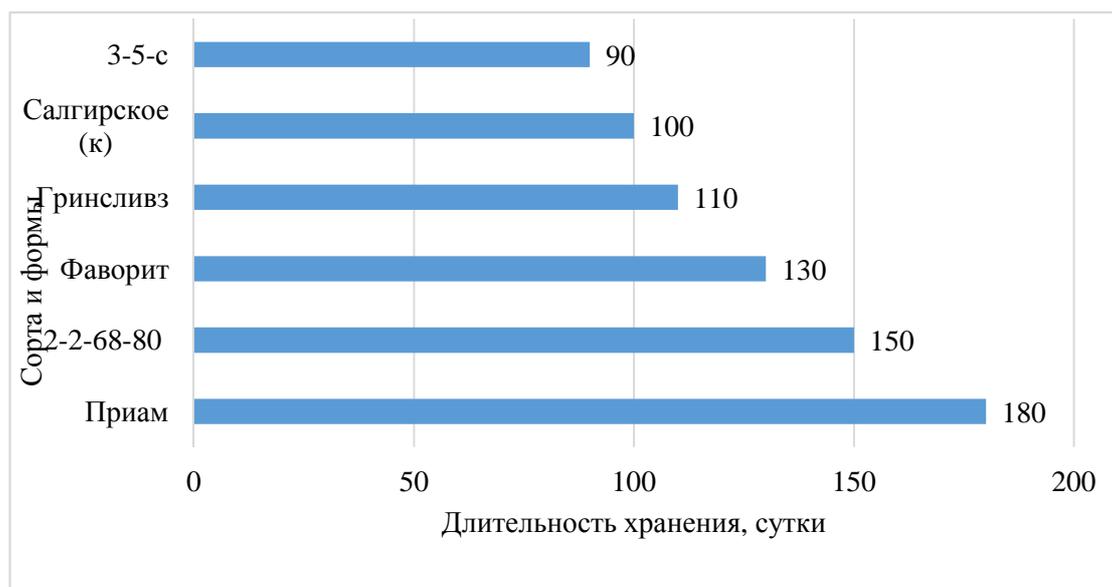


Рис. 1. Продолжительность хранения сортов и селекционных форм яблоки осеннего срока созревания, 2017-2019 гг.

В результате изучения продолжительности хранения сортов осеннего срока созревания установлено, что у контрольного сорта Салгирское плоды сохраняли свои товарные и вкусовые достоинства на протяжении 100 суток. Достоверно превзошли данные значения (при $НСР_{05} = 43,46$) селекционная форма 2-2-68-80 и сорт зарубежной селекции Приам.

Среди сортов зимнего срока созревания лежкость плодов варьировала от 100 до 240 суток. У контрольного сорта для данной группы плоды не теряли свои качества на протяжении 210 суток. Достоверно превзошли контрольные показатели по данному признаку ($НСР_{05} = 14,3$) следующие образцы Крымское Зимнее и селекционная форма 1-23. Результат сопоставимый с контрольными значениями отмечен у сортов Айдаред, Аскольда, Голден Рейндерс и селекционные формы 1-8-ю и 10-99-78. Определено, что основными причинами снятия с хранения плодов изучаемых сортов и селекционных форм служили грибные болезни и физиологические расстройства, такие как увядание, загар, гнили, водянистое разложение, подкожная пятнистость, побурение, перезревание мякоти и др. (рис. 2)

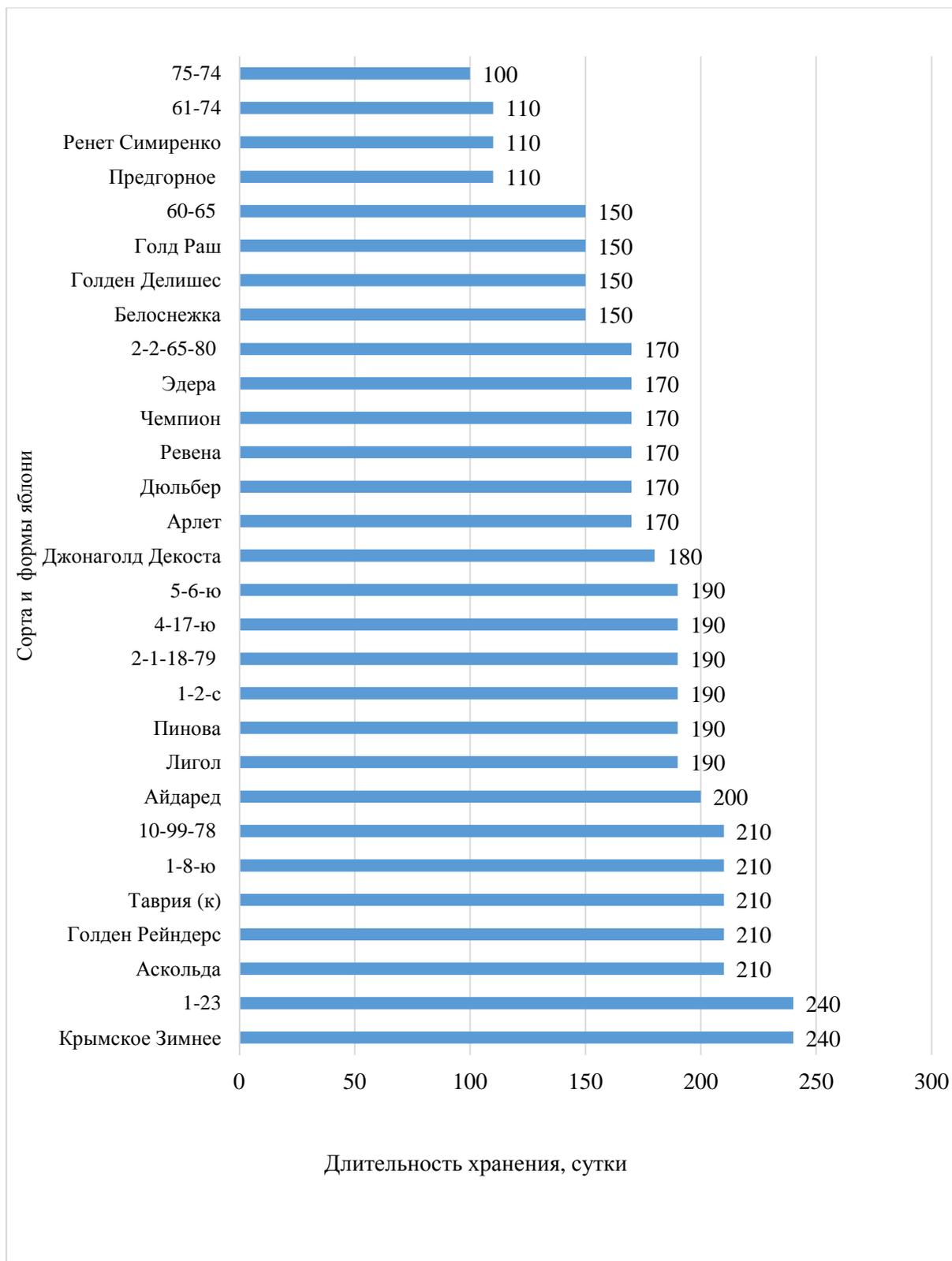


Рис. 2. Продолжительность хранения сортов и селекционных форм яблони зимнего срока созревания, 2017-2019 гг.

В результате анализа естественной убыли массы выявлено, что она варьировала от 2,5 у сорта Салгирское до 9,2 у сорта Голден Делишес. У большинства сортов данный показатель составил от 4 до 5,6 % за весь период хранения. Низкими потерями массы плода (менее 3,5 %) в процессе хранения отличались следующие сорта и формы яблони: осеннего срока созревания – Гринсливз, Салгирское, 2-2-68-80; зимнего – Айдаред, Джонаголд Декоста, Крымское Зимнее, Лигол, Предгоное, Ренет Симиренко, 2-1-18-79, 61-74 (рис. 3)

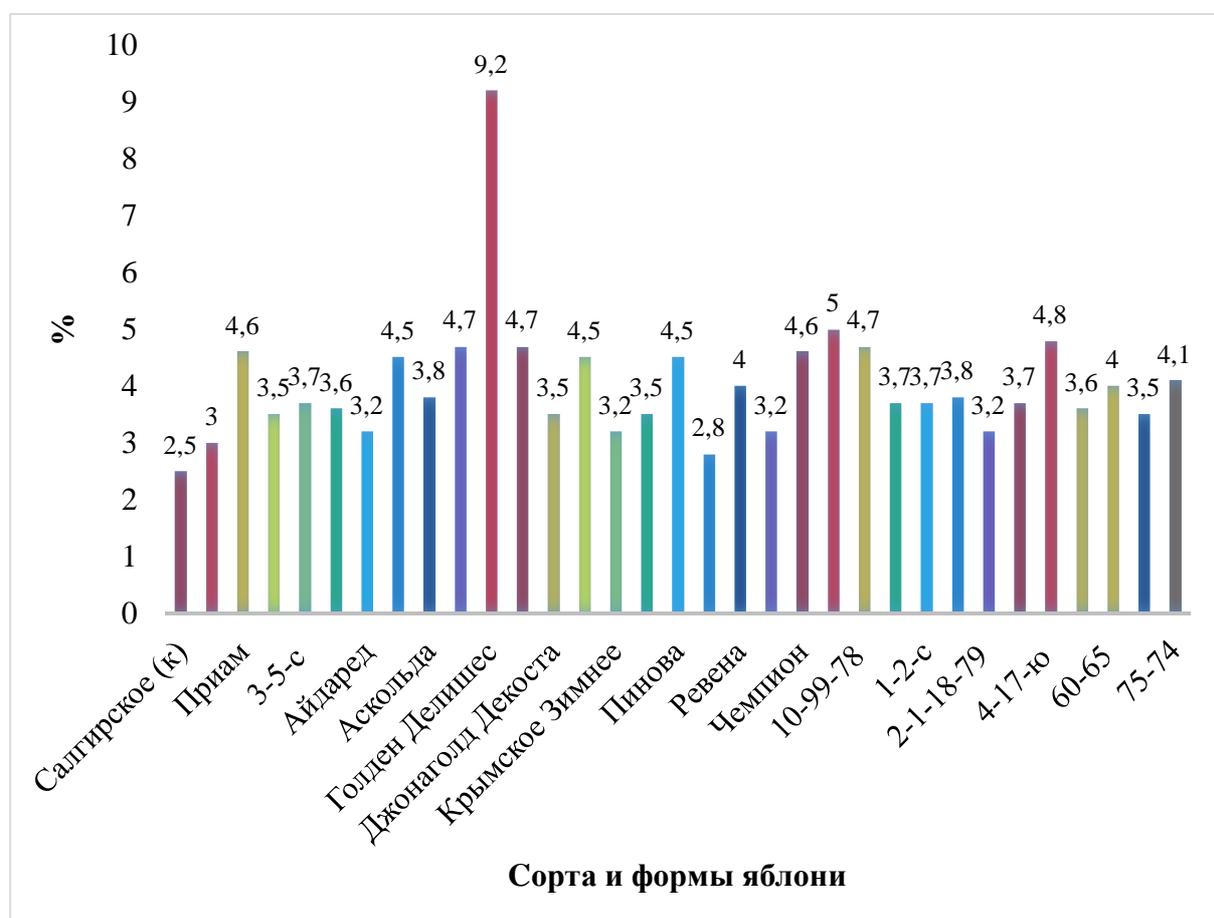


Рис. 3. Естественная убыль массы плодов в период хранения, 2017-2019 гг.

При анализе выхода товарных плодов после хранения установлено, что в группе осеннего срока созревания данным признаком отличался контрольный сорт Салгирское и селекционная форма 2-2-68-80 – 97 и 95%

(табл. 1). В группе сортов зимнего срока созревания у контроля выход стандартных плодов составил 92,5 %. Достоверно превзошли данные значения ($НСР_{05} = 3,04$) следующие образцы: Крымское Зимнее, 1-23, 1-8-ю у которых данный признак составил от 96 до 99 %. Основными причинами снижения товарности плодов при хранении служили грибные и физиологические заболевания – гнили, водянистые разложения и др.

Таблица 1– Результаты изучения лежкоспособности сортов и форм яблони, 2017-2019 гг.

Сорт, селекционная форма	Выход стандартных плодов, %	Оценка вкуса, балл	Оценка внешнего вида, балл	Примечание
Осеннего срока созревания				
Салгирское (к)	97,0±2,5	4,4±0,1	4,1±0,3	Стекловидность, водянистое разложение
Гринсливз	84,5±8,0	4,2±0,3	4,5±0,2	Загар
Приам	86,0±9,0	4,0±0,2	4,5±0,2	Увядание
Фаворит	87,2±3,0	4,0±0,7	4,2±0,3	Загар
2-2-68-80	95,0±3,0	4,2±0,2	4,1±0,3	Загар
3-5-с	80,5±9,0	4,0±0,3	4,8±0,2	Перезревания, гнили
$НСР_{05}$	6,36	-		-
Зимнего срока созревания				
Таврия (к)	92,5±6,0	4,2±0,2	4,4±0,1	Подкожная пятнистость
Айдаред	87,0±10,0	4,2±0,3	4,5±0,2	Загар, гнили
Аскольда	80,1±12,0	4,0±0,2	4,8±0,2	Гнили
Арлет	79,2±9,0	4,0±0,3	4,5±0,2	Подкожная пятнистость
Белоснежка	88,9±10	4,0±0,5	4,0±0,3	Подкожная пятнистость
Голден Рейндерс	87,3±8,0	4,5±0,2	4,5±0,2	Загар
Голден Делишес	83,0±9,0	4,8±0,2	4,5±0,1	Увядание
Голд Раш	82,1±12,0	4,0±0,2	4,4±0,1	Загар
Джонаголд Декоста	89,5±7,0	3,5±0,3	4,0±0,2	Вспухание, подкожная пятнистость
Дюльбер	82,5±12,0	4,2±0,3	4,4±0,1	Стекловидность
Крымское Зимнее	98,5±1,0	4,4±0,1	4,5±0,2	Увядание
Лигол	90,1±7,0	4,5±0,1	4,8±0,2	Подкожная пятнистость
Пинова	85,4±7,0	4,0±0,2	4,0±0,2	Гнили
Предгорное	75,0±12,0	4,2±0,3	4,8±0,2	Стекловидность
Ренет Симиренко	63,5±31,0	4,5±0,3	4,0±0,2	Подкожная пятнистость,
Ревена	79,5±11,0	4,0±0,3	4,0±0,2	Подкожная пятнистость
Чемпион	88,0±8,0	4,2±0,3	4,5±0,2	Увядание, гнили
Эдера	79,5±8,0	4,2±0,2	4,4±0,1	Водянистое разложение
1-2-с	92,8±4,0	4,2±0,2	4,8±0,2	Гнили
1-8-ю	96,0±3,0	4,2±0,3	4,8±0,2	Гнили
1-23	99,0±1,0	4,5±0,1	4,0±0,2	Загар
2-1-18-79	80,0±13,0	3,5±0,2	4,0±0,2	Подкожная пятнистость
2-2-65-80	87,0±11,0	4,2±0,3	4,8±0,2	Стекловидность
4-17-ю	90,0±8,0	4,3±0,3	4,4±0,1	Гнили

Сорт, селекционная форма	Выход стандартных плодов, %	Оценка вкуса, балл	Оценка внешнего вида, балл	Примечание
5-6-ю	92,0±4,0	4,0±0,2	4,1±0,3	Гнили
10-99-78	95,0±3,0	4,1±0,3	4,1±0,3	Увядание
60-65	87,5±13,0	4,5±0,2	4,2±0,3	Водянистое разложение
61-74	93,0±5,0	4,2±0,3	4,0±0,2	Перезревание, гнили
75-74	78,0±9,0	4,1±0,2	4,5±0,2	Подкожная пятнистость,
НСР ₀₅	2,94	-		-

В результате проведенной дегустационной оценки на момент съема плодов с хранения определено, что десертным вкусом (4,5 балла и выше) отличались следующие сорта и формы: Голден Делишес, Лигол, Ренет Симиренко, 1-23, 60-65. Оценки вкуса, сопоставимые с контролем, получены у образцов: Айдаред, Дюльбер, Крымское Зимнее, Ревена, Чемпион, Эдера, 1-8-ю, 1-2-с, 4-17-ю, 61-74.

При оценке привлекательности плодов на момент снятия с хранения определены сорта и формы, отличающиеся высокой оценкой внешнего вида: осеннего срока созревания – Приам, Гринсливз, 3-5-с; зимнего срока созревания – Айдаред, Арлет, Аскольда, Голден Делишес, Голден Рейндерс, Крымское Зимнее, Лигол, Предгорное, 1-2-с, 1-8-ю, 2-2-65-80, 75-74.

Выводы. В результате проделанной работы можно сделать вывод, что способность сортов и форм яблони храниться в холодильных камерах при температуре +2 °С непостоянные величины. Лежкоспособность обусловлена генетическими особенностями, но на нее в большей мере влияют условия вегетационного периода, сроки съема, послеуборочная обработка плодов, стабильность режима хранения. Среди представленных сортообразцов выделены генотипы, которые способны сохранять высокие товарные и потребительские качества плодов

Полученные результаты (от 90 до 240 суток) продолжительности хранения плодов (при оптимальном температурном режиме) различных сортов (рис. 1 и рис. 2) не абсолютные величины, так как в зависимости от ряда факторов (место произрастания, погодные условия периода вегетации,

сроки уборки, относительная влажность воздуха в хранилище и др.) они могут изменяться.

В результате выполненной работы выделены сорта и формы по длительности хранения и выходу стандартных плодов (см. рис. 1, 2 и табл. 1) среди осеннего срока созревания – 2-2-68-80, среди сортов зимнего срока созревания – 1-23 и Крымское Зимнее. Сорт Приам выделился по длительности хранения среди сортов осеннего срока созревания – 180 дней (см. рис. 1), однако по выходу стандартных плодов не смог приблизиться к контролю и форме 2-2-68-60.

Ни один из сортов не превзошел контроль по такому показателю как естественная убыль массы плодов в период хранения (не был достоверно меньше), однако, выделился сорт Голден Делишес тем, что показал результат в 3,68 раз хуже, чем контроль (остальная масса сортов колебалась в диапазоне 1,12–2 раза хуже контроля) (см. рис. 3).

Таким образом, форму 2-2-68-80 можно рекомендовать для включения в селекционный процесс на длительность хранения и выход стандартных плодов для сортов осеннего срока созревания, а форму 1-23 и сорт Крымское Зимнее на те же показатели для зимних сортов. Сорт Приам можно рекомендовать для включения в селекционный процесс на признак лежкости плодов.

Литература

1. Avilova S. V., Gryzunov A. A., Kornienko V. N. The use of negative temperatures during storage and transportation of apple fruits // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Т. 640. №. 2. С. 022007. URL: https://www.researchgate.net/publication/349148194_The_use_of_negative_temperatures_during_storage_and_transportation_of_apple_fruits (дата обращения: 02.12.2021)
2. Савельев Н. И., Савельева Н. Н., Савельева Е. Н. Скрининг диких видов и разновидностей рода *Malus Mill.* по устойчивости к абиотическим, биотическим стрессорам и длительной лежкости плодов // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. Т. 40. № 1. С. 273-278.
3. Lu L. et al. Analysis of the postharvest storage characteristics of the new red-fleshed apple cultivar 'meihong' // Food Chemistry. 2021. Т. 354. С. 129470. URL: https://www.researchgate.net/publication/349921065_Analysis_of_the_Postharvest_Storage_Characteristics_of_the_New_Red-fleshed_Apple_Cultivar_'Meihong'. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129470 (дата обращения: 02.12.2021)
4. Du M. et al. Effect of pulsed controlled atmosphere with CO₂ on the quality of watercored apple during storage // Scientia Horticulturae. 2021. Т. 278. С. 109854. URL: <https://en.x-mol.com/paper/article/1330014322375696384> (дата обращения: 02.12.2021)

5. Duong N. T. C. et al. An innovative single step of cross-linked alginate-based edible coating for maintaining postharvest quality and reducing chilling injury in rose apple cv. 'Tabtimchan' (*Syzygium samarangense*) // *Scientia Horticulturae*. 2021. Т. 292. С. 110648. URL: https://www.researchgate.net/publication/355338677_An_innovative_single_step_of_cross-linked_alginate-based_edible_coating_for_maintaining_postharvest_quality_and_reducing_chilling_injury_in_rose_apple_cv_'Tabtimchan'_Syzygium_samarangense. DOI: 10.1016/j.scienta.2021.110648 (дата обращения: 02.12.2021)
6. Gudkovsky V. et al. Sustainability of apple fruits cv. Berkutovskoye to physiological diseases under different storage technologies // *E3S Web of Conferences*. – EDP Sciences. 2021. Т. 254. № 02025. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/30/e3sconf_farba2021_02025.pdf. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125402025> (дата обращения: 02.12.2021)
7. Khasanbaevich K. I. et al. Modern Technologies of Long–Term Storage Depending on the Type of Apple Fruit // *Middle European Scientific Bulletin*. 2021. Т. 17. Р. 49-54.
8. Matabura V. V. Modelling of firmness variability of Jonagold apple during postharvest storage // *Journal of Food Science and Technology*. 2021. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-021-05159-5?utm_source=xmol&utm_medium=affiliate&utm_content=meta&utm_campaign=DDCN_1_GL01_metadata#data-availability. DOI: 10.1007/s13197-021-05159-5 (дата обращения: 02.12.2021)
9. Stasenko N. et al. Deep learning for improving the storage process: Accurate and automatic segmentation of spoiled areas on apples // *2021 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)*. – IEEE, 2021. P. 1-6. URL: https://www.researchgate.net/publication/352801457_Deep_Learning_for_improving_the_storage_process_Accurate_and_automatic_segmentation_of_spoiled_areas_on_apples. DOI: 10.1109/I2MTC50364.2021.9460071. (дата обращения: 02.12.2021)
10. Sulaimankhil Z. et al. Influence of aqueous hexanal on quality of 'Royal Delicious' apple during cold storage // *Acta Physiologiae Plantarum*. – 2021. – Т. 43. № 9. P. 1-10.
11. Sun Q. et al. Storage with apple fruit to improve peel color and maintain freshness of Newhall navel orange // *Scientia Horticulturae*. 2021. Т. 287. P. 110246. URL: https://www.researchgate.net/publication/351618439_Storage_with_apple_fruit_to_improve_peel_color_and_maintain_freshness_of_Newhall_navel_orange. DOI: 10.1016/j.scienta.2021.110246 (дата обращения: 02.12.2021)
12. Tokala V. Y., Singh Z., Kyaw P. N. Postharvest fruit quality of apple influenced by ethylene antagonist fumigation and ozonized cold storage // *Food Chemistry*. 2021. Т. 341. P. 128293. URL: https://www.researchgate.net/publication/344577645_Postharvest_fruit_quality_of_apple_influenced_by_ethylene_antagonist_fumigation_and_ozonized_cold_storage. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128293 (дата обращения: 02.12.2021)
13. Wong J. X. et al. Use of *Centella asiatica* extract in reducing microbial contamination and browning effect in fresh cut fruits and vegetables during storage: A potential alternative of synthetic preservatives // *LWT*. 2021. Т. 151. – P. 112229. URL: https://www.researchgate.net/publication/353529796_Use_of_Centella_asiatica_extract_in_reducing_microbial_contamination_and_browning_effect_in_fresh_cut_fruits_and_vegetables_during_storage_A_potential_alternative_of_synthetic_preservatives. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.112229 (дата обращения: 02.12.2021)
14. Yi M., Kong J., Yu Z. Effect of heat treatment on the quality and energy metabolism in "Golden Delicious" apple fruit // *Journal of Food Biochemistry*. 2021. P. e13759. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34142387/>. DOI: 10.1111/jfbc.13759 (дата обращения: 02.12.2021)
15. Zhang W., Cao J., Jiang W. Application of electrolyzed water in postharvest fruits and vegetables storage: A review // *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Т. 114. P. 599-607

16. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.

17. Проведение исследований по хранению плодов, ягод и винограда: методические указания. М., 1983. 76 с

18. Влияние условий выращивания и хранения плодов яблони сорта Голден Делишес на их качество и лежкоспособность / А.И. Сотник [и др.] // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2019. № 132. С. 53-60.

19. Хубаева Е.Р., Тохтиева Л.Х., Цугкиева В.Б. Совершенствование способов хранения плодов яблони // Достижения науки – сельскому хозяйству: материалы Всероссийской научно-практической конференции (заочной). 2017. С. 215-218.

20. Доброзракова Т.Л., Летова М.Ф., Степанов К.М., Хохлаков М.К. Определитель болезней растений. М., Л.: Госуд. изд-во с-х. лит-ры, 1956. С. 440-458

21. Дементьева М.И., Выгонский М.И. Болезни плодов, овощей и картофеля при хранении: альбом. М.: Агропромиздат, 1988. 231 с.

References

1. Avilova S. V., Gryzunov A. A., Kornienko V. N. The use of negative temperatures during storage and transportation of apple fruits // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Т. 640. №. 2. S. 022007. URL: https://www.researchgate.net/publication/349148194_The_use_of_negative_temperatures_during_storage_and_transportation_of_apple_fruits (data obrashcheniya: 02.12.2021)

2. Savel'ev N. I., Savel'eva N. N., Savel'eva E. N. Skrining dikih vidov i raznovidnostej roda Malus Mill. po ustojchivosti k abioticheskim, bioticheskim stressoram i dlitel'noj lezhkosti plodov // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2014. Т. 40. № 1. S. 273-278.

3. Lu L. et al. Analysis of the postharvest storage characteristics of the new red-fleshed apple cultivar 'meihong' // Food Chemistry. 2021. Т. 354. S. 129470. URL: https://www.researchgate.net/publication/349921065_Analysis_of_the_Postharvest_Storage_Characteristics_of_the_New_Red-fleshed_Apple_Cultivar_'Meihong'. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129470 (data obrashcheniya: 02.12.2021)

4. Du M. et al. Effect of pulsed controlled atmosphere with CO₂ on the quality of watercored apple during storage // Scientia Horticulturae. 2021. Т. 278. S. 109854. URL: <https://en.x-mol.com/paper/article/1330014322375696384> (data obrashcheniya: 02.12.2021)

5. Duong N. T. C. et al. An innovative single step of cross-linked alginate-based edible coating for maintaining postharvest quality and reducing chilling injury in rose apple cv. 'Tabtimchan' (Syzygium samarangense) // Scientia Horticulturae. 2021. Т. 292. S. 110648. URL: https://www.researchgate.net/publication/355338677_An_innovative_single_step_of_cross-linked_alginate-based_edible_coating_for_maintaining_postharvest_quality_and_reducing_chilling_injury_in_rose_apple_cv_'Tabtimchan'_Syzygium_samarangense. DOI: 10.1016/j.scienta.2021.110648 (data obrashcheniya: 02.12.2021)

6. Gudkovsky V. et al. Sustainability of apple fruits cv. Berkutovskoye to physiological diseases under different storage technologies // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences. 2021. Т. 254. № 02025. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/30/e3sconf_farba2021_02025.pdf. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125402025> (data obrashcheniya: 02.12.2021)

7. Khasanbaevich K. I. et al. Modern Technologies of Long-Term Storage Depending on the Type of Apple Fruit // Middle European Scientific Bulletin. 2021. Т. 17. P. 49-54.

8. Matabura V. V. Modelling of firmness variability of Jonagold apple during postharvest storage // Journal of Food Science and Technology. 2021. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-021-05159-5?utm_source=xmol&utm_medium=affiliate&utm_content=meta&utm_campaign=DDCN_1_GL01_metadata#data-availability. DOI: 10.1007/s13197-021-05159-5 (data obrashcheniya: 02.12.2021)

9. Stasenko N. et al. Deep learning for improving the storage process: Accurate and automatic segmentation of spoiled areas on apples // 2021 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC). – IEEE, 2021. P. 1-6. URL: https://www.researchgate.net/publication/352801457_Deep_Learning_for_improving_the_storage_process_Accurate_and_automatic_segmentation_of_spoiled_areas_on_apples. DOI: 10.1109/I2MTC50364.2021.9460071. (data obrashcheniya: 02.12.2021)
10. Sulaimankhil Z. et al. Influence of aqueous hexanal on quality of ‘Royal Delicious’ apple during cold storage // *Acta Physiologiae Plantarum*. – 2021. – Т. 43. № 9. P. 1-10.
11. Sun Q. et al. Storage with apple fruit to improve peel color and maintain freshness of Newhall navel orange // *Scientia Horticulturae*. 2021. Т. 287. P. 110246. URL: https://www.researchgate.net/publication/351618439_Storage_with_apple_fruit_to_improve_peel_color_and_maintain_freshness_of_Newhall_navel_orange. DOI: 10.1016/j.scienta.2021.110246 (data obrashcheniya: 02.12.2021)
12. Tokala V. Y., Singh Z., Kyaw P. N. Postharvest fruit quality of apple influenced by ethylene antagonist fumigation and ozonized cold storage // *Food Chemistry*. 2021. Т. 341. P. 128293. URL: https://www.researchgate.net/publication/344577645_Postharvest_fruit_quality_of_apple_influenced_by_ethylene_antagonist_fumigation_and_ozonized_cold_storage. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128293 (data obrashcheniya: 02.12.2021)
13. Wong J. X. et al. Use of Centella asiatica extract in reducing microbial contamination and browning effect in fresh cut fruits and vegetables during storage: A potential alternative of synthetic preservatives // *LWT*. 2021. Т. 151. – P. 112229. URL: https://www.researchgate.net/publication/353529796_Use_of_Centella_asiatica_extract_in_reducing_microbial_contamination_and_browning_effect_in_fresh_cut_fruits_and_vegetables_during_storage_A_potential_alternative_of_synthetic_preservatives. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.112229 (data obrashcheniya: 02.12.2021)
14. Yi M., Kong J., Yu Z. Effect of heat treatment on the quality and energy metabolism in “Golden Delicious” apple fruit // *Journal of Food Biochemistry*. 2021. P. e13759. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34142387/>. DOI: 10.1111/jfbc.13759 (data obrashcheniya: 02.12.2021)
15. Zhang W., Cao J., Jiang W. Application of electrolyzed water in postharvest fruits and vegetables storage: A review // *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Т. 114 P. 599-607
16. Programma i metodika sortoizucheniya plodovyh, yagodnyh i orekhoplodnyh kul'tur / pod red. E.N. Sedova i T.P. Ogol'covej. Orel: VNIISPK, 1999. 608 s.
17. Provedenie issledovaniy po hraneniyu plodov, yagod i vinograda: metodicheskie ukazaniya. M., 1983. 76 s
18. Vliyanie uslovij vyrashchivaniya i hraneniya plodov yabloni sorta Golden Delishes na ih kachestvo i lezhkosposobnost' / A.I. Sotnik [i dr.] // *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*. 2019. № 132. S. 53-60.
19. Hubaeva E.R., Tohtieva L.H., Cugkieva V.B. Sovershenstvovanie sposobov hraneniya plodov yabloni // *Dostizheniya nauki – sel'skomu hozyajstvu: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (zaочноj)*. 2017. S. 215-218.
20. Dobrozrakova T.L., Letova M.F., Stepanov K.M., Hohryakov M.K. *Opredelitel' boleznej rastenij*. M., L.: Gosud. izd-vo s-х. lit-ry, 1956. S. 440-458
21. Dement'eva M. I., Vygonckij M. I. *Bolezni plodov, ovoshchej i kartofelya pri hranenii: al'bom*. M.: Agropromizdat, 1988. 231 s.