

УДК 631.526.32: 631.563

Влияние метеоусловий вегетационного периода, степени зрелости и температурных режимов хранения на лежкость и качество плодов новых сортов яблони селекции ВНИИСПК

Всероссийский
научно-исследовательский институт
селекции плодовых культур,
Жилина, Российская Федерация

КОРРЕСПОНДЕНЦИЯ:
Любовь Викторовна Коннова
E-mail: nikitin@orel.vniispk.ru

ЗАЯВЛЕНИЕ О ДОСТУПНОСТИ ДАННЫХ:
данные текущего исследования
доступны по запросу
у корреспондирующего автора.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:
Никитин, А.Л., & Макаркина, М.А.
(2023). Влияние температурного фактора на лежкость и качество плодов новых сортов яблони селекции ВНИИСПК. *Хранение и переработка сельхозсырья*, (4), 145–164. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.4.449>

ПОСТУПИЛА: 05.02.2023

ПРИНЯТА: 15.12.2023

ОПУБЛИКОВАНА: 30.12.2023

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:
авторы сообщают об отсутствии
конфликта интересов.



А. Л. Никитин, М. А. Макаркина

АННОТАЦИЯ

Введение: Для сохранения высокого качества плодов яблони при хранении важно, чтобы они были собраны в оптимальной съемной степени зрелости, а температурные условия холодильника оптимизированы, дифференцированы и конкретизированы для новых, не изучавшихся ранее сортов.

Цель: Определение влияния учетных периодов вегетации и различных температурных режимов хранения на лежкость и качество плодов различных сортов яблони с учетом их зрелости при съеме в саду и продолжительности хранения.

Материалы и методы: Анализировали метеоусловия трех учетных периодов вегетации перед съемом плодов в саду в 2021 и 2022 годах (1-й период – цветение – дата съема плодов; 2-й – за месяц до съема; 3-й – за две недели до съема). Изучали лежкость плодов 5-ти новых сортов яблони в зависимости от температурных режимов хранения (+2 °C и – 1 °C).

Результаты: Плоды ранней степени зрелости (2022 год) имели лучшую лежкость и меньше страдали от физиологических расстройств (ФР), нежели плоды, более зрелые при съеме (2021 год). Это, наряду с меньшим периодом хранения, сказалось на лучшей лежкости плодов в 2022 году.

Здоровых плодов по всем сортам было больше в 2022 году – 82,39 % (в 2021 году – 69,71 %).

Для сортов Ивановское, Патриот и Рождественское лучшим режимом хранения плодов был – 1 °C, для сортов Вавиловское и Министр Киселев – +2 °C. Режим хранения – 1 °C в среднем по сортам был существенно лучшим. Выявлено поражение плодов ФР – 16,7 % (общее среднее) и микробиологическими заболеваниями (МЗ) – 7,2 %. Режим хранения оказывал существенное влияние на ФР плодов. Напротив, поврежденных МЗ плодов в режиме +2 °C было меньше, чем в режиме – 1 °C. На основании анализа устойчивости изучаемых сортов к ФР и МЗ плодов разработан относительный коэффициент устойчивости (ОКУ). По степени устойчивости к большинству поражений и повреждений сорта Вавиловское, Ивановское и Рождественское отнесены к группе относительно устойчивых – ОКУ < или = 1.

Выводы: Степень зрелости и продолжительность хранения плодов оказывают влияние на выход здоровых плодов по сортам. Причины падения или повышения устойчивости плодов к поражениям и повреждениям во время хранения могут обуславливаться различными условиями, имеющими место как до, так и в процессе их длительного хранения. Все технологические приемы, применяемые, как при уборке плодов в саду, так и в процессе их хранения, должны сводиться к созданию наиболее благоприятных для них условий, обеспечивающих сохранение присущей им устойчивости. Группа исследованных сортов имеет очень короткий период коммерческой реализации. Необходима корректировка температурных условий и продолжительности хранения плодов изучаемых сортов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

яблоки; метеоусловия; степень зрелости; температура хранения; продолжительность хранения; функциональные расстройства; микробиологические заболевания; относительный коэффициент устойчивости

Influence of the Weather Conditions of the Growing Season, Degree of Maturity and Temperature Regimes Storage on the Keeping Quality and Fruit Quality of New Apple Cultivars Bred by VNIISPK

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK), Zilina, Russian Federation

Andrey L. Nikitin, Margarita A. Makarkina

CORRESPONDENCE:

Andrey L. Nikitin

E-mail: nikitin@orel.vniispk.ru

DATA AVAILABILITY:

Data from the current study are available upon request from the corresponding author.

FOR CITATIONS:

Nikitin, A.L., Makarkina, M.A. (2023). Influence of the Weather conditions of the growing season, degree of maturity and temperature regimes storage on the keeping quality and fruit quality of new apple cultivars bred by VNIISPK. *Storage and Processing of Farm Products*, (4), 145–164. <https://doi.org/10.36107/spfp.2023.4.449>

RECEIVED: 05.02.2023

ACCEPTED: 15.12.2023

PUBLISHED: 30.12.2023

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.



ABSTRACT

Introduction: To maintain the high quality of apple fruits during storage, it is important that they are collected at an optimal ripeness level, and that the temperature conditions of the refrigerator are optimized, differentiated and specified for new, previously unstudied varieties.

Purpose: Determination of the influence of different temperature storage regimes on the keeping quality and quality of fruits of various apple varieties, taking into account their maturity when harvested in the garden and the duration of storage.

Materials and Methods: We analyzed the weather conditions of three accounting periods of the growing season before harvesting fruits in the garden in 2021 and 2022 (1st period – flowering – date of harvesting; 2nd – a month before harvesting; 3rd – two weeks before harvesting). The keeping quality of fruits of 5 new varieties of apple trees was studied depending on the temperature conditions of storage (+ 2 °C and – 1 °C).

Results: Fruits of early maturity (2022) had better keeping quality and suffered less from functional disorders (FDs) than fruits that were more mature at harvest (2021). This, along with a shorter storage period, affected the better keeping quality of fruits in 2022. There were more healthy fruits for all varieties in 2022 – 82.39 % (in 2021 – 69.71 %). For varieties Ivanovskoye, Patriot and Rozhdestvenskoye, the best fruit storage regime was – 1 °C, for varieties Vavilovskoye and Minister Kiselev – +2 °C. The storage mode of – 1 °C was significantly better on average for the varieties. Fetuses were affected by FDs – 16.7 % (general average) and microbiological diseases (MD) – 7.2 %. The mode of storage had a significant impact on the FDs of fruits. On the contrary, there were less damaged fetuses in the mode + 2 °C than in the mode – 1 °C. Based on the analysis of the resistance of the studied varieties to the FDs and MD of fruits, a relative resistance coefficient (RCR) was developed. According to the degree of resistance to most lesions and damages, the varieties Vavilovskoe, Ivanovskoye and Rozhdestvenskoye are classified as relatively resistant – RCR < or = 1.

Conclusion: The degree of maturity and duration of storage of fruits affect the yield of healthy fruits by variety. The reasons for the fall or increase in the resistance of fruits to damage and damage during storage may be due to various conditions that occur both before and during their long-term storage. All technological methods used, both when harvesting fruits in the garden and during their storage, should be reduced to creating the most favorable conditions for them, ensuring the preservation of their inherent stability. The group of studied varieties has a very short period of commercial implementation. It is necessary to adjust the temperature conditions and the duration of storage of the fruits of the studied varieties.

KEYWORDS

apple fruit; weather conditions; degree of maturity; storage temperature; storage time; functional disorders; microbiological diseases; relative stability coefficient

ВВЕДЕНИЕ

Яблоня (*Malus × domestica* Borkh.) одна из наиболее широко культивируемых в мире плодовых культур, и сохранность ее плодов жизненно важна для потребителей и прибыльности яблочной индустрии. Плоды яблони в основном выращивают для реализации в свежем виде, хотя они также используются для приготовления сока, сидра, вина, бренди, желе, джема, яблочного пюре и масла, а также уксуса¹. Яблочные плоды очень полезны для здоровья человека. Они являются источниками витаминов, микроэлементов и полифенолов. Употребление яблок в свежем виде оказывает фармакологическое действие на течение сердечно-сосудистых и хронических заболеваний. Чтобы потребители регулярно могли употреблять свежие и качественные внешне и внутренне (с повышенным содержанием питательных веществ) яблоки в пищу, важно обеспечить их круглогодичный запас. После сбора урожая физико-химические и питательные свойства плодов яблони сохраняют за счет применения различных технологий хранения, которые значительно продлевают срок потребления яблок, тем самым улучшая общее состояние здоровья потребителей (Ouyenihi et al., 2022).

По данным WAPA (Всемирная ассоциация яблок и груш) мировое производство яблок в 2021 году составило примерно 81 млн. тонн. На долю Российской Федерации приходилось 1,4 млн. тонн². Плоды яблони — биологические объекты, продолжающие жить и метаболически функционировать после их съема с материнского растения, они дышат, расщепляя углеводы и выделяя CO₂ и тепло и транспирируют влагу, что оказывает влияние на их хранение. Традиционной и наиболее распространенной технологией хранения плодов яблони, применяемой для сохранения качества продукции, является их холодильное хранение в механически охлажденном воздухе (Kader, 1986; Brizzolara et al., 2020). Охлажденный воздух замедляет ферментативную активность — химические реакции в плодах, которые способствуют созреванию и старению фруктов, а также замедляет скорость роста повреждающих их микроорганизмов.

Хранение фруктов во фруктохранилищах-холодильниках в последнее время заметно продвинулось вперед, благодаря применению новейших инновационных технологий, обеспечив лучшую сохранность органолептических и физических качеств плодов, снижение их порчи и увеличив сроки лежкости. Помимо охлаждения, в настоящее время наиболее часто используются технологии обработки плодов 1-метилциклопропеном (1-МСП) и их хранение в контролируемой атмосфере (CA) (Zanella & Rossi, 2015; Anese et al., 2019; Fernandes et al., 2021; Gudkovsky et al., 2021). Но эффективность холодного хранения плодов семечковых культур зимних сортов, убранных из сада в оптимальной для хранения степени зрелости и сегодня в основном продолжает зависеть от температурного режима хранилища, являющегося наиболее важным фактором, влияющим на лежкость, а также от относительной влажности и движения воздуха в холодильной камере (McCormick et al., 2012; Crouch et al., 2015). В настоящее время предпринимаются попытки прогнозирования срока сохранности плодов яблони на основе показателей их качества и температуры хранения (Cao et al., 2021).

Температура наиболее существенный фактор, влияющий на интенсивность дыхания плодов — метаболический процесс, обеспечивающий энергией биохимические изменения постоянно происходящие в них. Дыхание связано с ферментативными процессами, и в значительной степени контролируется температурой окружающей среды. Плоды разных сортов могут иметь разную частоту дыхания при их хранении. Чем выше температура, тем интенсивнее дыхание. Повышенная интенсивность дыхания плодов приводит к ускорению и увеличению их порчи, стимулирует выработку плодами этилена (C₂H₄), который способствует преждевременному созреванию и климактерию и форсирует старение тканей. Низкие температуры обеспечивают продление срока хранения продукции за счет уменьшения дыхания и блокировки в связи с этим внутреннего физиологического разложения плодов, снижают потери воды и увядание, сокращают выделение плодами C₂H₄ и замедляют рост болезнетворных микроорганизмов (Avilova et al., 2019).

¹ Apple fruit and tree. <https://www.britannica.com/plant/apple-fruit-and-tree>

² WAPA releases an update of the Northern Hemisphere apple and pear crop. http://www.wapa-association.org/asp/article_2.asp?doc_id=643

Значимым фактором, влияющим на дыхание плодов, является стадия их зрелости при закладке в холодильник на хранение. Зрелость плодов зависит от температурно-влажностных условий периода вегетации. Плоды, не достигшие оптимальной степени съемной зрелости, как и перешедшие за ее пределы могут быть подвержены различным физиологическим поражениям и микробиологическим повреждениям при хранении. Перезревающие плоды имеют минимальный потенциал дозревания и временной период хранения в холодильнике, и более восприимчивы к повреждению послеуборочными патогенами. Плодами съемной степени зрелости считаются те, которые еще не достигли полного созревания и не пригодные в пищу (Никитин, 1999; Никитин & Макаркина, 2020). Изучение влияния метеоусловий вегетационных сезонов на продолжительность лежкости плодов яблони начал еще в 1911 году доктор Дж. К. Шоу с факультета садоводства Массачусетского сельскохозяйственного колледжа (Shaw, 1911), но до настоящего времени еще не разработан универсальный комплекс показателей, определяющих объективную съемную степень зрелости плодов при их съеме в саду. Наступление съёмной зрелости плодов определяют по комплексу показателей, в частности по прочности кожицы и плотности мякоти плодов, содержанию остаточного крахмала на основе йод-крахмальной пробы в течение некоторого времени до предполагаемой даты уборки урожая, а также по содержанию сухих веществ и титруемой кислотности в зависимости от сортовых особенностей плодов. Время между съемной и потребительской зрелостью зависит от сорта и условий хранения плодов, в частности температурных.

Температура хранения также является наиболее значимым условием, тормозящим и предотвращающим созревание фруктов в холодильнике (Khorshidi, 2010; Никитин, 1999; Никитин & Макаркина, 2021). Темпы созревания плодов при хранении и выработки ими C_2H_4 увеличиваются с повышением температурного режима в камере хранения. Для отсрочки созревания и перезревания, плоды следует хранить как можно ближе к $0^{\circ}C$. Изменения, происходящие в плодах в процессе хранения, в основном имеющие физиологическое происхождение, вызывают их перезревание, чрезмерное окрашивание, появление посторонних привкусов с интенсивным спиртовым ароматом, размягчение мякоти. Пораженные физиологическими расстрой-

ствами плоды, становятся более восприимчивыми к патогенным микроорганизмам, усугубляя потери вдобавок к потерям от микробиологических заболеваний, заражение которыми плоды получили еще в саду. Нарушения в плодах яблони являются основной причиной снижения их качества (при легкой степени) или потерь (при тяжелой степени) (Gapper et al., 2023; Gapper et al., 2017).

Хранение при минимально допустимой для плодов температуре является существенным фактором продления срока их хранения (Lee & Kader, 2020; Prange & Wright, 2023). Температура хранения при этом не должна опускаться ниже точки заморозки плодов, а для ряда сортов ниже оптимального комфортного диапазона, выход за который может привести к их низкотемпературным поражениям от переохлаждения, тем самым значительно снизить структурные и качественные характеристики плодов (Van Pham et al., 2008). Повышенные температуры могут способствовать быстрой потере плодами влаги (в зависимости от их зрелости), а вследствие этого — массы и сокращению сроков хранения.

В прошлом основное внимание в предотвращении потерь плодов при их хранении уделяли микробиологическим заболеваниям, сейчас же главную опасность представляют физиологические расстройства плодов, особенно загар и горькая ямчатость. Причиной развития этих физиологических расстройств на плодах склонных к ним сортов является ряд факторов, в том числе погодные условия периода активной вегетации плодов (Никитин & Макаркина, 2019; Никитин & Макаркина, 2021; Nikitin & Makarkina, 2021). Даже незначительное расхождение в сумме активных температур и количестве осадков по сезонам выращивания может повлиять на развитие функциональных поражений плодов, их физико-химические показатели и продолжительность хранения. В частности, взаимодействие между температурой хранения и степенью зрелости плодов яблони (сроки их съема в саду), влияет на изменение их твердости в процессе хранения (Watkins & Thompson, 1992; Mohebi et al., 2017). Сроки съема существенно влияют на количество потерь плодов при хранении. Ранний их сбор может привести к поражению загаром и увяданию, а поздний — к внутреннему побурению. Определение оптимального срока уборки плодов из сада имеет решающее значение для их последующего хранения и качества. Для каждого сорта сроки созре-

ния плодов на дереве варьируются в зависимости от погодных условий вегетационных периодов сезона выращивания, поэтому оптимальная степень зрелости и съем плодов не могут соответствовать конкретной календарной дате. На физико-химические изменения в плодах яблони оказывает влияние и продолжительность их хранения (Jan & Rab, 2012). Правильно разработанный режим хранения плодов с дифференциацией по сортам может значительно снизить или предотвратить многие физиологические расстройства плодов.

При схожих режимах хранения частота и тяжесть физиологических расстройств у плодов яблони могут варьироваться в разные годы, что можно объяснить действием сезонных факторов перед сбором урожая в саду (McCormick et al., 2021). Для успешного хранения плодов семечковых культур необходима определенная, постоянная, строго дифференцированная по помологическим сортам температура и относительная влажность воздуха, а также оптимальная для успешного хранения степень зрелости плодов при их съеме в саду.

Целью данного этапа исследований являлось определение влияния учетных периодов вегетации и различных температурных режимов хранения на лежкость и качество плодов новых сортов яблони с учетом их зрелости при съеме в саду и продолжительности хранения в холодильнике. Задачей комплексных исследований является нахождение оптимальных сроков уборки урожая, наилучшего температурного режима и оптимальной продолжительности хранения плодов новых сортов яблони с минимальными потерями их качества.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Время, место и объекты исследований

Исследования проводили в сезоны 2021–2022 и 2022–2023 годов на участках первичного сортоизучения (сбор плодов для хранения) и в лаборатории биохимической и технологической оценки сортов и хранения ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур» (ВНИИСПК).

Объектами исследований являлись новые сорта яблони селекции ВНИИСПК зимнего срока со-

зревания, внесенные в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию: Вавиловское (триплоидный, иммунный к парше), Ивановское (иммунный к парше), Министр Киселёв (триплоидный, устойчивый к парше), Патриот (триплоидный) и Рождественское (триплоидный, иммунный к парше).

Оборудование

Плоды хранили в отечественных портативных вариативных холодильных камерах «Polair-CV114-S» (ШХн-1,4) (тип применяемого хладагента R134a, внутренний объем — 1,4 м³), оборудованных программируемыми контроллерами PYEZ1R05J4 (J5) в пластиковых ящиках, объемом 40 литров (12–15 кг плодов), изготовленных из пищевого полиэтилена. Температурные режимы хранения — +2 °C и –1 °C, относительная влажность воздуха — 85...90 %. Состав атмосферы — обычный. Контроль температурно-влажностных условий в холодильных камерах осуществляли при помощи комплекса электронных регистраторов TRKO-2V, соответствующих СЦТР 467569.002 ТУ.

Методы

Состояние съемной зрелости определяли по сумме активных температур вегетационного периода $\geq 10^{\circ}\text{C}$, осадкам и гидротермическому коэффициенту Селянинова (ГТК) — индикатору условного баланса влаги (показатель территориальной засухи) и содержанию и локализации в плодах крахмала йод-крахмальная проба (ЙКП). Учитывали 3 периода по метеоусловиям: 1 — с мая до съема плодов (цветение — дата съема плодов), 2 — за месяц до уборки урожая и 3 период — за две недели до съема. Полным цветением считался тот временной промежуток, когда 75–80 % соцветий на северной стороне дерева распускались.

ГТК определяли отношением суммы осадков за период между массовым цветением и съемной зрелостью к сумме температур $\geq 10^{\circ}\text{C}$ за тот же период, умноженным на 10. ГТК — 1,0–1,4 — соответствует оптимальному увлажнению — обеспечивает лучшую лежкость плодов; > 1,4 — избыточному — отрицательно сказывается на лежкости плодов; < 1,0 — засухе — отрицательно сказывается на леж-

кости плодов. Среднесуточное количество осадков по месяцам находили исходя из отношения суммы осадков за месяц к количеству суток с осадками в этом месяце.

ЙКП определяли гистохимически по 6-ти бальной шкале от 0 до 5. 0 — плод перезрел; 1 — небольшое потемнение поверхности только в районе кожицы (наступление потребительской зрелости или полного созревания); 2 — окрашивание проявляется только под кожицей, и только отдельные участки поверхности среза плода слегка окрашены (плоды пригодны только для кратковременного хранения и транспортировки); 3 — появление светлых участков по всей площади (плоды рекомендуется закладывать на хранение); 4 — небольшая часть плода светлеет в районе плодоножки и семенного гнезда (начало созревания плодов); 5 — вся поверхность среза плода черно-синяя (плод не созрел)³.

Исследования проводили по общепринятым методикам, рекомендациям и определителям болезней плодов (Дементьева & Выгонский, 1988; Седова & Гудковский, 1999).

Процедура исследования

Нормально развитые плоды снимали с типичных для помологического сорта деревьев, вступивших в период товарного плодоношения, с характерным для данных лет урожаем, не менее чем с трех деревьев. На опытное хранение плоды закладывали в день их съема в саду в состоянии их съемной зрелости. В каждом варианте опыта плоды каждого сорта хранили в 4-х повторностях (повторность — 1 ящик).

Блок представленных сортов, в аспекте изучения лежкости их плодов в 2021 году начали исследовать впервые. Так как низкотемпературные и другие функциональные расстройства проявляются на плодах значительно быстрее, нежели загар и горькая ямчатость, мы сознательно пролонгировали продолжительность хранения в 2021 году, чтобы наиболее полно зафиксировать на плодах загар и горькую ямчатость на недостаточно устойчивых

к ним сортах. В 2022 году продолжительность хранения плодов была скорректирована.

По окончании хранения визуально определяли и фиксировали здоровые и получившие функциональные расстройства и микробиологические повреждения плоды, в зависимости от температурных режимов. Потери (отход) группировали по видам и степени поражения и повреждения. Учет плодов с дефектами проводили по количеству с пересчетом на проценты. При наличии на одном плоде нескольких расстройств или заболеваний учитывали преобладающее. Плоды, поврежденные микробиологическими заболеваниями на площади до 10% относили к частично поврежденным, на площади $\geq 10\%$ к абсолютно поврежденным.

Также отбирали по 5 здоровых плодов из каждого опытного варианта и выдерживали их при комнатной температуре (18–20 °C) 5–10 суток для определения периода, при котором плоды сохраняют товарные качества после хранения — «остаточный эффект хранения».

Анализ данных

Статистическую обработку данных двухфакторных — (помологические сорта — фактор А, годы — фактор В), (помологические сорта — фактор А, температурные режимы — фактор В) и трехфакторного (годы — фактор А, помологические сорта — фактор В, температурные режимы — фактор С) опытов, проводили методом дисперсионного анализа с помощью программы Microsoft Excel. Графическую визуализацию полученных данных осуществляли при помощи программ — Minitab 14.12.0; SigmaStat 3.10 и Microsoft Office Excel 2003 (11.8169.8172) SP3.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основным фактором, оказывающим влияние на лежкоспособность плодов яблони, является помологический сорт и его биологические особенности. На формирование товарного качества и лежко-

³ Никитин, А. Л., & Макаркина, М. А. (2018). *Рекомендации по длительному хранению плодов иммунных и высокоустойчивых к парше сортов яблони селекции ВНИИСПК в фруктохранилищах-холодильниках (для Средней полосы России)*. Орел: ВНИИСПК.

сти плодов яблони, кроме сортовых особенностей, значительное влияние оказывают природно-климатические условия зоны выращивания, метеорологические условия года и периодов вегетации, способы и режимы хранения⁴. Качество и лежкость плодов формируются в саду, а в период хранения лишь поддерживаются. Такие доуборочные факторы, как температура и осадки определяют неотъемлемую совокупную часть качественного потенциала плодов (Bui et. al., 2021) и оказывают влияние на их лежкость при низких температурах хранения, на снижение частоты дыхания плодов и замедление их созревания. Для сохранения высокого качества плодов яблони при хранении важно, чтобы они были собраны в оптимальной съемной степени зрелости для каждого нового сорта, а температурные условия холодильника оптимизированы и дифференцированы для конкретных сортов. Выбор оптимальной даты уборки и степени зрелости урожая имеет решающее значение для обеспечения наилучшего качества яблок, поступающих к потребителям после хранения. Необходимым условием при реализации плодов, является соответствие критериев качества, установленных стандартами, а также розничными и оптовыми рынками. Для каждого сорта время созревания плодов на дереве индивидуально и варьируется от участка к участку сада и от календарного сезона к сезону. Следовательно, решения о сборе урожая не могут приниматься на основе произвольной календарной даты. Важно, чтобы все характеристики качества плодов для каждого сада учитывались для достижения максимальной рентабельности. Последствия несвоевременного сбора урожая могут стать катастрофическими, а неоптимальная температура хранения плодов привести к значительным потерям. При длительном хранении необходимо установить оптимальный потенциал лежкости плодов различных помологических сортов, имеющих индивидуальное биологически обусловленное время созревания, их восприимчивость к температурным режимам холодильника и определить устойчивость к физиологическим расстройствам и микробиологическим заболеваниям плодов (Никитин, 1999; Никитин & Макаркина, 2019; Никитин & Макаркина, 2021). Метеоусловия различных периодов вегетации оказывают влияние на степень созревания плодов на дереве, их качественные показатели и продол-

жительность лежкости при хранении. Плоды должны храниться в течение соответствующего периода времени при оптимальных условиях хранения.

Исходя из вышесказанного, нами была поставлена задача — изучить новые сорта яблони, созданные во ВНИИСПК, на пригодность их плодов к длительному хранению и выделить наиболее значимые факторы, влияющие на продолжительность и качественные характеристики плодов каждого конкретного сорта.

Полученные нами данные показали, что изменение качества плодов яблони новых сортов во время хранения включает в себя целый комплекс физических и физиологических изменений. Различные генотипы свежих фруктов по-разному реагируют на условия, как до, так и после сбора урожая (Dris & Niskanen, 1999; Jobling & McGlasson, 1995), что делает необходимым дальнейшее продолжение изучения конкретных сортов еще на протяжении нескольких сезонов. Эмпирические данные наших исследований индивидуальны для конкретных сортов и сезонов вегетации, но общая тенденция того, что плоды оптимальной съемной степени зрелости имеют лучшую лежкость и меньше подвергаются физиологическим поражениям, чем более зрелые плоды, на момент их съема в различные сезоны выращивания прослеживается. Пониженные температуры хранения сдерживают внутренние физиологические процессы в плодах, а влияние различных температурных режимов на лежкость очевидно.

Метеорологические условия 1-го периода вегетации с мая до съема плодов в саду (цветение — дата съема плодов) по календарным сезонам исследований были разнообразны. ГТК в 2021 году равнялся 1,0 (начальный уровень оптимального увлажнения), а в 2022–0,9 соответственно (уровень ниже оптимального). ГТК 2-го периода (за месяц до съема) в 2021 и 2022 годах был равен 0,4, а 3-го периода (за две недели до съема плодов) — 0,7 и 0,6 соответственно, что соответствовало засухе (Таблица 1).

Суммы среднесуточных температур воздуха $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 1-го периода превышали среднеголетние показатели, что соответствовало тенденции нескольких последних десятилетий. В 2021 году в среднем по со-

⁴ Никитин, А. Л., & Макаркина, М. А. (2018). *Рекомендации по длительному хранению плодов иммунных и высокоустойчивых к парше сортов яблони селекции ВНИИСПК в фруктохранилищах-холодильниках (для Средней полосы России)*. Орел: ВНИИСПК.

Таблица 1

Характеристика метеорологических условий (за май — начало сентября; за месяц и за две недели до сбора плодов) за 2021 и 2022 годы

Годы исследований	Сорт	Дата съема плодов в саду	Сумма среднесуточных температур $\geq 10^{\circ}\text{C}$	Осадки, мм	ГТК за период	Сумма среднесуточных температур $\geq 10^{\circ}\text{C}$	Осадки, мм	ГТК за период	Сумма среднесуточных температур $\geq 10^{\circ}\text{C}$	Осадки, мм	ГТК за период
			1 период активной вегетации — с мая до съема			2 период — за месяц до съема			3 период — за две недели до съема		
2021	Вавиловское	27 августа	2199,9	220,2	1,00	605,5	21,9	0,36	270,6	17,5	0,65
	Ивановское	01 сентября	2302,4	231,5	1,01	599,8	30,8	0,51	244,2	19,1	0,78
	Министр Киселев	03 сентября	2317,8	236,4	1,02	574,3	35,7	0,62	238,0	24,0	1,01
	Патриот	28 августа	2216,5	220,2	0,99	602,0	19,5	0,32	270,4	17,5	0,65
	Рождественское	27 августа	2199,9	220,2	1,00	605,5	21,9	0,36	270,6	17,5	0,65
2022	Вавиловское	06 сентября	2072,1	182,2	0,88	505,0	20,9	0,41	182,3	8,7	0,48
	Ивановское	09 сентября	2082,3	184,2	0,88	454,2	13,9	0,31	126,4	10,7	0,85
	Министр Киселев	08 сентября	2082,3	184,2	0,88	472,0	18,4	0,39	147,7	10,7	0,72
	Патриот	08 сентября	2082,3	184,2	0,88	472,0	18,4	0,39	147,7	10,7	0,72
	Рождественское	06 сентября	2072,1	182,2	0,88	505,0	20,9	0,41	182,3	8,7	0,48
Средние показатели по сортам											
2021		30 августа	2247,3	225,7	1,0	597,4	26,0	0,4	258,8	19,1	0,7
2022		07 сентября	2078,2	183,4	0,9	481,6	18,5	0,4	157,3	9,9	0,6

ртам сумма среднесуточных температур она была $2247,3^{\circ}\text{C}$, а в 2022 году — $2078,2^{\circ}\text{C}$ соответственно. Наибольшее количество осадков (в среднем по сортам) за 1-й период отмечено в 2021 году — 225,7 мм, наименьшее — 183,4 мм в 2022 году. Суммы осадков 1-го учетного периода были ниже среднеемноголетних по климатической зоне. Метеоусловия всех учетных периодов выращивания имели количественные расхождения. Самым теплыми месяцами за годы изучения был июль в 2021 году со среднесуточной температурой $21,7^{\circ}\text{C}$ и август в 2022 году — $20,4^{\circ}\text{C}$. Самым влажным был июнь, как в 2021, так и в 2022 году. Среднесуточное количество выпавших осадков за этот месяц — 11,1 и 8,5 мм соответственно (Рисунок 1).

Более высокая температура воздуха летом 2021 года способствовала раннему созреванию плодов яблоки на дереве, что обусловило их съем на неделю

раньше, чем в 2022 году. Соответственно температура воздуха летом 2022 года была ниже, и съемная зрелость плодов наступала позднее, то есть, несмотря на то, что плоды в 2022 году убрали на неделю позже, чем в 2021, степень их зрелости была ниже, чем у плодов урожая 2021 года.

Все учетные периоды 2021 года были более теплыми и влажными, нежели периоды 2022 года. За 2-й и 3-й учетные периоды отмечали температурно-влажностные колебания, ГТК, как уже отмечалось выше, соответствовал засухе — неблагоприятным условиям для длительной лежкости плодов (Рисунок 2).

Известно, что плоды оптимальной съемной степени зрелости сохраняются в холодильнике лучше и не так страдают от физиологических поражений, нежели плоды, более созревшие на момент их съема. Пониженные температуры хранения сдержи-

Рисунок 1

Среднесуточные температуры воздуха ≥ 10 (градус C) и осадки (мм) за май – 1-ю декаду сентября 2021 и 2022 года (визуализация Minitab 14.12.0)

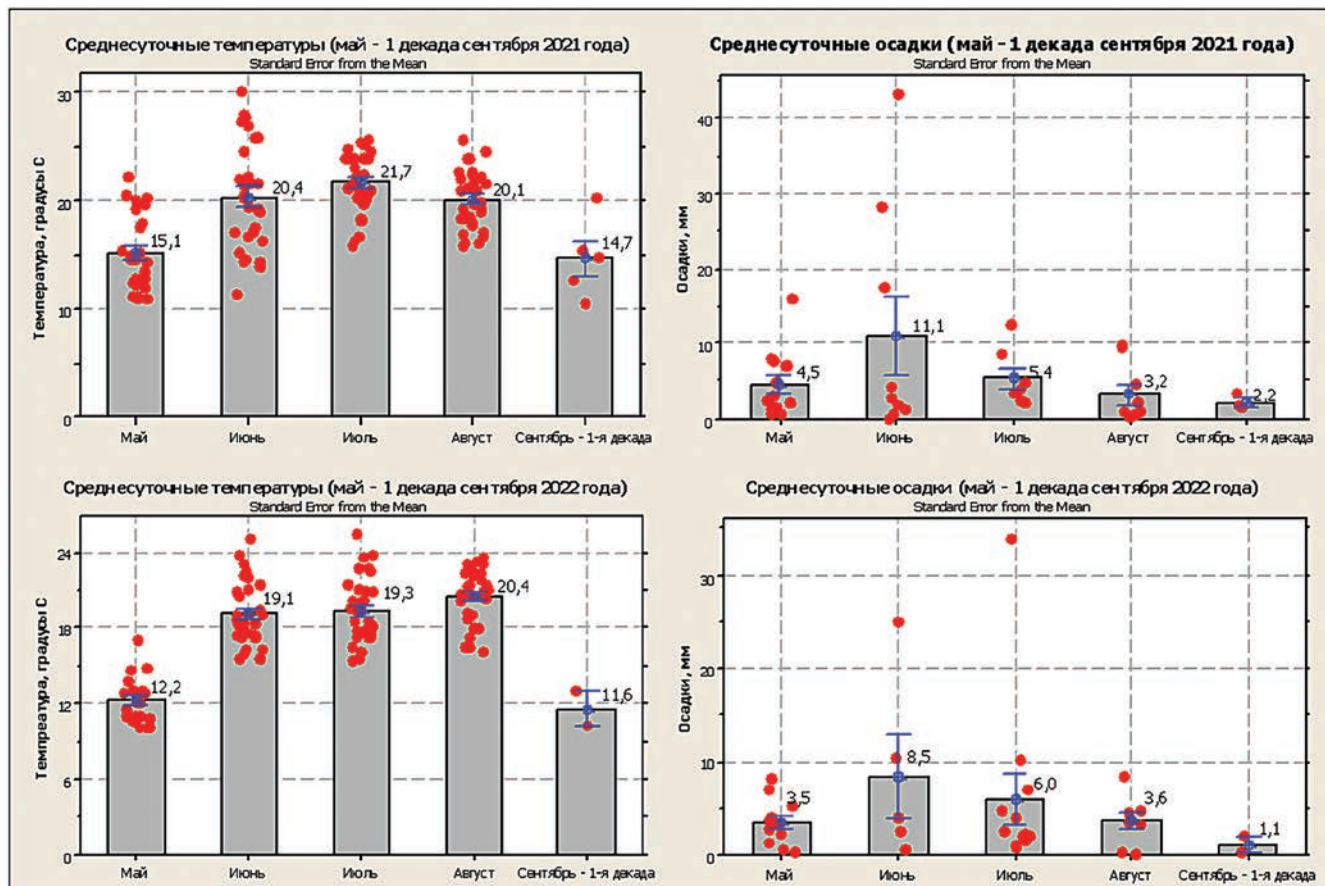
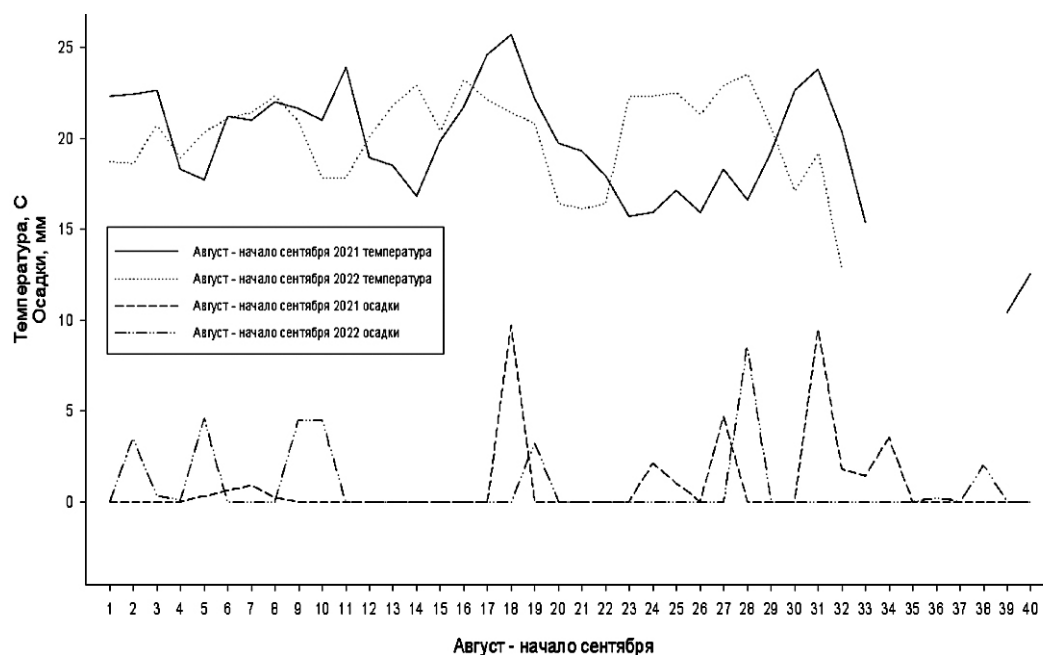


Рисунок 2

Колебания среднесуточных температур воздуха ≥ 10 (градус C) и осадков (мм) за август – начало сентября 2021 и 2022 года (месяц до сбора плодов) (визуализация SigmaStat 3.10)



вают физиологические процессы, происходящие в плодах, но влияние определенного температурного режима на общий баланс реакций в них для различных сортов относительно непредсказуем и может быть познан лишь эмпирически (Никитин, 1999). В 2021 году плоды всех сортов были сняты в саду при общем среднем индексе йод-крахмальной пробы — 3,42 балла (начало активного созревания плодов — поздняя съемная степень зрелости), а в 2022 году при — 3,07 балла (оптимальная съемная степень зрелости, при которой плоды рекомендуется закладывать на хранение) ($HCP_{01}=0,14$) (Таблица 2). Плоды сортов Вавиловское, Ивановское, Патриот и Рождественское в 2022 году были заложены на хранение в оптимальной съемной степени зрелости — 3,00; 2,95; 3,12 и 3,02 балла, что, наряду с меньшим сроком продолжительности хранения, в определенной мере сказалось на лучшей их лежкости, чем в 2021 году (Таблица 2. Рисунок 3).

Продолжительность хранения в среднем за 2021 и 2022 годы (расчетные данные) варьировала от 160 (сорт Патриот) до 191 суток (сорт Вавиловское) (Рисунок 4, Таблица 4). Наибольший выход здоровых плодов зафиксирован у сорта Рождественское — 87,6 % в режиме -1°C , наименьший у сорта Патриот — 52,5 % в режиме $+2^{\circ}\text{C}$ (Рисунок 4, Таблица 4).

Таблица 2

Йод-крахмальная проба плодов при съеме в саду, баллы (2021, 2022 годы). Оценка эффектов А, В, взаимодействия АВ

Фактор А – сорта	Фактор В – годы		Средние по фактору А $HCP_{01}=0,21$
	2021	2022	
Вавиловское	3,72	3,00	3,36
Ивановское	2,45	2,95	2,70
Министр Киселёв	2,55	3,28	2,92
Патриот	4,58	3,12	3,85
Рождественское	3,78	3,02	3,40
Средние по фактору В $HCP_{01} = 0,14$ $HCP_{AB_{01}}=0,30$	3,42	3,07	

Более высокий выход здоровых плодов был в 2022 году — 82,39% (в 2021 году — 69,71%) ($HCP_{05} = 3,78$) (Таблица 3). Метеорологические условия сезона 2022 года (и продолжительность хранения плодов) независимо от сортов оказывали положительное влияние на выход здоровых плодов по сравнению с 2021 годом.

Режим хранения -1°C в среднем по сортам был существенно лучшим.

Рисунок 3

Выход здоровых (товарных) плодов из лучшего для сорта температурного режима в зависимости от продолжительности хранения в 2021 и 2022 годах (эмпирические данные) (визуализация SigmaStat 3.10)

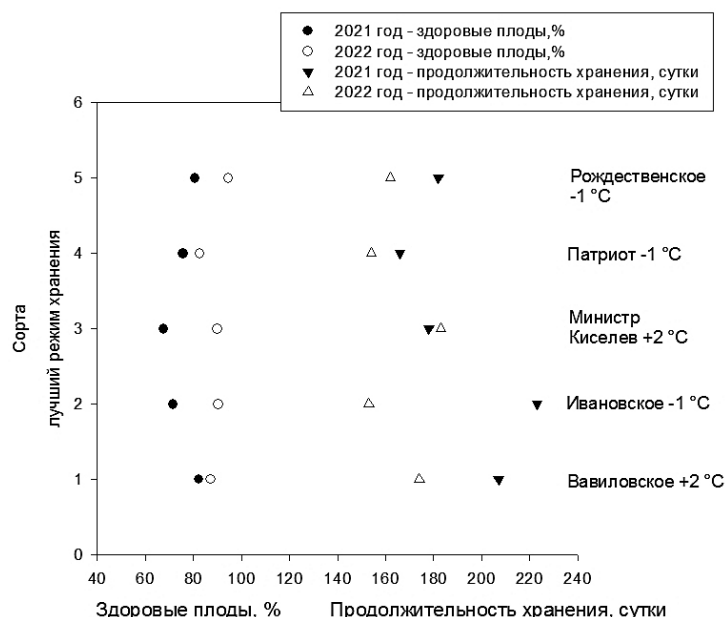


Рисунок 4
Продолжительность хранения и выход здоровых плодов новых сортов в среднем за 2021–2022 годы (расчетные данные) (визуализация Microsoft Office Excel 2003 (11.8169.8172) SP3)

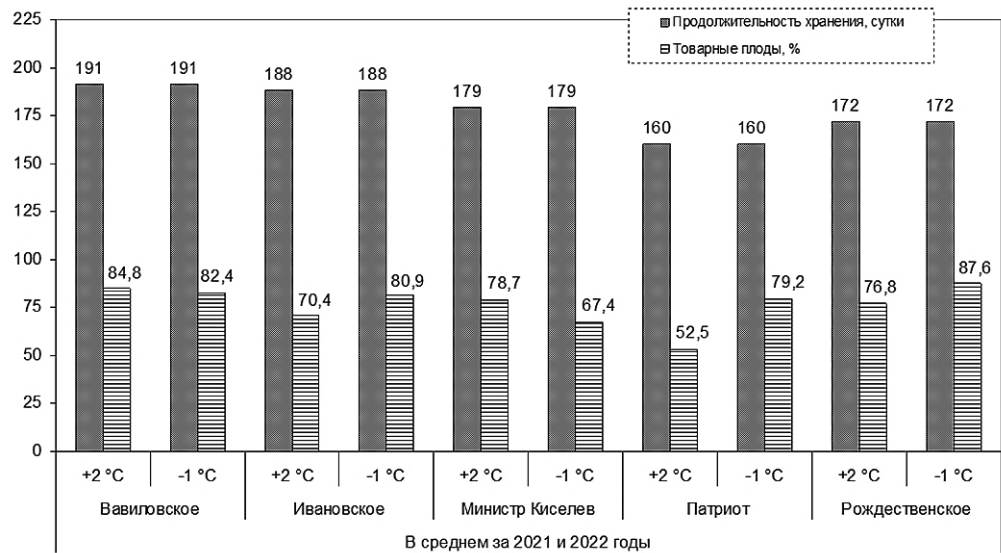


Рисунок 5
Плоды сорта Рождественское после снятия с хранения (урожай 2021 года, режим – 1 °C)



Различия по выходу здоровых плодов после хранения в 2021 и 2022 годах были существенными у сортов Ивановское, Министр Киселев и Патриот ($HCP_{AB_{05}} = 8,45$).

В среднем по годам исследований и одинаковым режимам существенной разницы по выходу здоровых плодов не было ($F_{AC} < F_{05}$). Выход товарных плодов в 2021 году составил в режиме +2 °C — 66,75%, в режиме -1 °C — 72,66%, в 2022 году соответственно — 78,48 и 86,29% (Таблица 3). Взаимодействие между факторами ABC не было существенным.

Таблица 3
Выход здоровых плодов на конец хранения, % (2021, 2022 годы). Оценка эффектов А, взаимодействия АВ, АС, АВС

Годы и сорта		Режимы С		Среднее	
А	В	+2 °C	-1 °C	А	AB
2021	Вавиловское	82,30	77,88		80,09
	Ивановское	63,02	71,50		67,26
	Министр Киселев	67,48	57,75		62,62
	Патриот	43,85	75,60		59,73
	Рождественское	77,12	80,58		78,85
Среднее АС		66,75	72,66	69,71	
2022	Вавиловское	87,20	86,85		87,03
	Ивановское	77,72	90,30		84,01
	Министр Киселев	89,90	77,08		83,49
	Патриот	61,08	82,70		71,89
	Рождественское	76,52	94,50		85,51
Среднее АС		78,48	86,29	82,39	
HCP A ₀₅ = 3,78 HCP C ₀₅ = 3,78 HCP AB ₀₅ = 8,45 F AC < F ₀₅ F ABC < F ₀₅					

Рисунок 6

Плоды сорта Вавиловское после снятия с хранения (урожай 2021 года, режимы +2 °С и –1 °С слева на право)



Для сортов Ивановское, Патриот и Рождественское лучшим режимом хранения плодов был режим –1 °С, а для сортов Вавиловское (Рисунок 6) и Министр Киселев — +2 °С.

Плоды изучаемых сортов поражались в процессе хранения физиологическими расстройствами — 16,7 % (общее среднее) (Таблица 4). Из физиологических расстройств были зафиксированы следующие: загар — 2,5 %, перезревание — 3,5 %, побурение — 2,3 %, низкотемпературный ожог — 1,8 % (наименьшее поражение), низкотемпературное разложение мякоти — 1,9 % и горькая ямчатость — 4,7 % (наибольшее поражение).

Режим хранения (фактор В) оказывает существенное влияние на физиологические поражения плодов. Так, в среднем за 2021 и 2022 годы в режиме +2 °С было зафиксировано поражение плодов в количестве — 21,3 %, а в режиме –1 °С — 12,1 %. В режиме –1 °С плодов с горькой ямчатостью было 2,3 %, в режиме +2 °С — 7,1 %, а плодов с низкотемпературным ожогом было меньше в режиме +2 °С — 0,2 % против 3,4 % в режиме –1 °С. Аналогичная тенденция прослеживается и по поражению плодов

загаром, перезреванием, побурением (в режиме –1 °С поражений меньше) и низкотемпературному разложению мякоти (в режиме –1 °С поражений больше).

Плоды сорта Вавиловское в наибольшей степени, чем плоды других сортов поражаются загаром — 4,4 % (среднее по фактору А). В температурном режиме –1 °С загара на плодах этого сорта меньше, чем в режиме +2 °С — 3,4 % против 5,4 % соответственно. Сорт Ивановское абсолютно устойчив к поражению плодов загаром.

Больше других сортов перезреванию подвержены плоды сорта Ивановское — 9,0 % (среднее по фактору А), меньше других перезревают плоды сорта Вавиловское — 0,4 %. В режиме –1 °С плоды перезревают в меньшей степени — 4,7 %, чем в режиме +2 °С — 13,3 %. Плоды сорта Ивановское также сильнее других сортов подвержены побурению — 6,0 %. В режиме –1 °С плоды этого сорта буреют меньше, чем в режиме +2 °С — 2,6 % и 9,4 % соответственно. Плоды сортов Вавиловское и Министр Киселев чувствительны к низкотемпературным поражениям, как при температуре –1 °С, так и при +2 °С.

Таблица 4
Результаты хранения плодов новых сортов яблони в зависимости от температурных режимов (средние расчетные данные за 2021и 2022 годы)

Фактор А	Фактор В	Режим хранения, °С	Квартал, номер	Начало хранения	Конец хранения	Продолжительность хранения, сутки	Здоровые, всего, %	Отход, всего (ФР+МП), %	Функциональные расстройства, %							Микробиологические заболевания, %												
									Загар	Перезревание	Побурение	НТО	НТР	Горькая ямчатость	«Монахи» (мумифицированные плоды)	Частичное загнивание	Абсолютное загнивание	всего МП										
Вавиловское																												
Сорта		+2	18	01 сентя- бря	11 марта	191	84,8	15,2	5,4	0,6	0,2	0,4	0,4	0,4	7,4	0,2	2,4	5,2	7,8									
		-1					82,4	17,6	3,4	0,2	0,4	2,4	1,9	0,2	8,5	0	4,2	4,9	9,1									
					Среднее по фактору А		83,6	16,4	4,4	0,4	0,3	1,4	1,2	0,3	8,0	0,1	3,3	5,0	8,4									
	Ивановское																											
		+2	21, 29	05 сентя- бря	12 марта	188	70,4	29,6	0	13,3	9,4	0	0	0	22,7	0,1	2,2	4,6	6,9									
		-1					80,9	19,1	0	4,7	2,6	0	1,6	0	8,9	0,1	6,2	3,9	10,2									
					Среднее по фактору А		75,6	24,4	0	9,0	6,0	0	0,8	0	15,8	0,1	4,2	4,2	8,6									
	Министр Киселев																											
		+2	18	07 сентя- бря	05 марта	179	78,7	21,3	4,8	3,9	1,4	0,6	0,6	0	11,3	0,2	7,8	2	10,0									
		-1					67,4	32,6	2,8	0,3	0,6	14,6	1,9	0	20,2	0	7,5	4,9	12,4									
				Среднее по фактору А		73,0	27,0	3,8	2,1	1,0	7,6	1,2	0	15,8	0,1	7,6	3,4	11,2										
Патриот																												
		+2	29, 18	02 сентя- бря	11фев- раля	160	52,5	47,5	4,2	5,4	0,4	0	0	35,0	45,0	0,3	1,3	0,9	2,5									
		-1					79,2	20,8	0	2,4	0,7	0	0	11,2	14,3	0	3,4	3,1	6,5									
					Среднее по фактору А		65,8	34,2	2,1	3,9	0,6	0	0	23,1	29,6	0,2	2,4	2,0	4,5									
Рождественское																												
		+2	21, 18	01 сентя- бря	20 фев- раля	172	76,8	23,2	4,4	3,1	7,2	0	5,4	0	20,1	0	1	2,1	3,1									
		-1					87,6	12,4	0	1,3	0,5	0	7,0	0	8,8	0	1,6	2	3,6									
					Среднее по фактору А		82,2	17,8	2,2	2,2	3,8	0	6,2	0	14,4	0	1,3	2,1	3,4									
Общие среднее																												
Среднее по фактору В							+2	72,6	27,4	3,8	5,3	3,7	0,2	1,3	7,1	21,3	0,2	2,9	3,0	6,1								
							-1	79,5	20,5	1,2	1,8	1,0	3,4	2,3	2,3	12,1	0	4,6	3,8	8,4								
							НСР ₀₅ А													Fφ<Fт	2,4	Fφ<Fт						
НСР ₀₅ В																			3,8	1,5	1,2	1,7	Fφ<Fт	1,3	Fφ<Fт	1,5	Fφ<Fт	
НСР ₀₅ АВ																			8,6	Fφ<Fт	3,4	2,8	3,7	Fφ<Fт	2,9	Fφ<Fт	Fφ<Fт	Fφ<Fт

Рисунок 7

Поражение плодов сорта Рождественское низкотемпературным разложением мякоти (урожай 2021 года, режим -1°C)



Наибольшее поражения плодов получил сорт Министр Киселев от низкотемпературного ожога — 14,6 % в режиме -1°C . Плоды сорта Рождественское сильнее других сортов поражаются низкотемпературным разложением мякоти — 6,2 % (7,0 % в режиме -1°C и 5,4 % в режиме $+2^{\circ}\text{C}$) (Рисунок 7). Самым неустойчивым к поражению плодов горькой ямчатостью был сорт Патриот. Поражение его плодов в режиме $+2^{\circ}\text{C}$ — 35,0 % (Рисунок 8), в режиме -1°C — 11,2 %. В минимальной степени горькой ямчатостью поражались плоды сорта Вавилосское — 0,2 % в режиме -1°C и 0,4 % в режиме $+2^{\circ}\text{C}$.

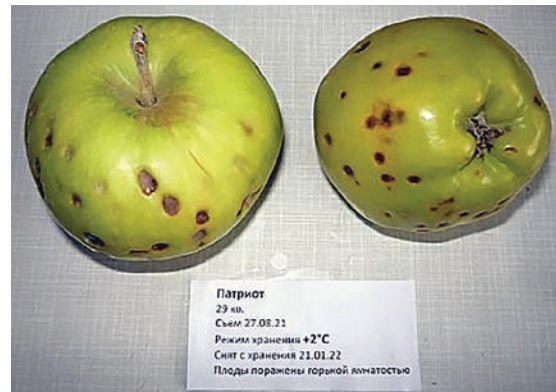
Наибольшее поражение плодов от физиологических расстройств отмечено у сорта Патриот — 29,6 %, наименьшее — у сорта Вавилосское — 8,0 %.

Плоды изучаемых сортов в среднем за 2021 и 2022 годы повреждались в процессе хранения микробиологическими заболеваниями — 7,2 % (общее среднее). В режиме $+2^{\circ}\text{C}$ было зафиксировано 6,1 %, в режиме -1°C — 8,4 %. (Таблица 4). Из микробиологических повреждений плодов были зафиксированы следующие: *Monilia fructigena* Pers. — плодовая гниль (монилиоз), *Penicillium expansum* Link. — серая плесневидная гниль (пенициллез), *Botrytis cinerea* Pers. — серая гниль (ботритиоз) и *Gloeodes pomigena* (Schw.) Colby. — сажистый грибок (налет).

Поражение плодов монилиозом происходит еще в саду на дереве или (при позднем заражении) во время упаковки, а также при повторном инфи-

Рисунок 8

Поражение плодов сорта Патриот горькой ямчатостью (урожай 2021 года, режим $+2^{\circ}\text{C}$)



цировании в период хранения плодов в холодильнике в результате контакта с больными плодами. При неблагоприятных для развития гнили условиях (низкие температуры хранения), конидиальное спороношение на поверхности плодов может и не развиваться⁵. Плод при этом мумифицируется, становясь гладким и блестящим с поверхностью черно-синеватого цвета («монахи») (Рисунок 9). Среди хранящихся плодов изучаемых сортов «монахи» выявлены в незначительных количествах — 0,1 % (0,2 % в режиме $+2^{\circ}\text{C}$ и 0 % в режиме -1°C).

Рисунок 9

Повреждение плодов сорта Ивановское монилиозом с последующей мумификацией (урожай 2021 года, режим $+2^{\circ}\text{C}$)



⁵ Никитин, А. Л., & Макаркина, М. А. (2018). Рекомендации по длительному хранению плодов иммунных и высокоустойчивых к парше сортов яблони селекции ВНИИСПК в фруктохранилищах-холодильниках (для Средней полосы России). Орел: ВНИИСПК.

Поврежденные плоды в зависимости от степени повреждения, были отнесены к частично и абсолютно загнившим. Частично загнивших плодов в среднем по всем сортам и режимам хранения было 3,8% (2,9% в режиме +2 °С и 4,6% в режиме –1 °С). Абсолютно загнившие плоды распределились следующим образом — всего — 3,4%, 3,0% — в режиме +2 °С и 3,8% — в режиме –1 °С.

Режим хранения (фактор В) оказывал существенное влияние на микробиологические повреждения плодов при их частичном загнивании ($HSP B_{05} = 1,5$). Больше других сортов повреждений от микробиологических заболеваний плодов от-

мечено у сорта Министр Киселев — 11,2% (10,0% в режиме +2 °С и 12,4% в режиме –1 °С), меньше других — у сорта Рождественское — 3,4% (3,1% в режиме +2 °С и 3,6% в режиме –1 °С).

Группа изучаемых сортов была проанализирована в аспекте устойчивости плодов к физиологическим расстройствам и микробиологическим заболеваниям. Для этого А.Л. Никитиным был разработан расчет относительного коэффициента устойчивости (ОКУ), который показывает степень устойчивости плодов изучаемых сортов при определенной продолжительности их хранения в различных температурных режимах (Таблица 5).

Таблица 5

Влияние сорта, температурного режима и продолжительности хранения на восприимчивость плодов яблони к функциональным расстройствам и микробиологическим заболеваниям во время хранения

Сорт	Вариант хранения	Продолжительность хранения, сутки	Физиологические расстройства,%							Микробиологические заболевания,%			Общий ОКУ
			Загар	Горькая ямчатость	ОКУ ▼ к загару и горькой ямчатости	Перезревание	Побурение мякоти	Низкотемпературный ожог	Низкотемпературное разложение мякоти	ОКУ к функциональным расстройствам	Микробиологические заболевания	ОКУ к микробиологическим заболеваниям	
Вавиловское	+2 °С	191	**	–*	1,2	–*	–*	–*	–*	0,8	***	1,5	0,9
	–1 °С		**	–*	1,2	–*	–*	*	*	0,9	***	1,5	1,0
Ивановское	+2 °С	188	–	–	0	****	***	–	–	1,2	***	1,5	1,2
	–1 °С		–	–	0	**	*	–	*	0,7	****	2,0	1,0
Министр Киселёв	+2 °С	179	**	–	1,0	**	*	–*	–*	0,7	***	1,5	1,1
	–1 °С		*	–	0,5	–*	–*	****	*	1,2	****	2,0	1,3
Патриот	+2 °С	160	**	****	3,0	**	–*	–	–	1,4	*	0,5	1,2
	–1 °С		–	****	2,0	*	–*	–	–	0,9	***	1,5	1,1
Рождественское	+2 °С	172	**	–	1,0	**	***	–	**	1,5	**	1,0	1,4
	–1 °С		–	–	0	*	–*	–	***	0,8	**	1,0	0,8

Примечание: (–) — отсутствие расстройства (0 %).

(*) — минимальная степень (<1 %).

(*) — слабая степень (1–3 %).

(**) — средняя степень (3–6 %).

(***) — сильная степень (6–10 %).

(****) — очень сильная степень (>10 %).

∇ При расчете Относительного Коэффициента Устойчивости (ОКУ) к функциональным расстройствам, сумма (*) и (–), переводится в числовые значения (* = 1, –* = 0,5) и делится на количество функциональных расстройств (6).

При расчете ОКУ к загару и горькой ямчатости, числовые значения делятся на 2 (загар и горькая ямчатость).

При расчете ОКУ к микробиологическим заболеваниям, числовые значения делятся на 2 (частичное загнивание и абсолютное загнивание).

При расчете общего ОКУ к физиологическим расстройствам и микробиологическим заболеваниям, числовые значения делятся на 8 (количество функциональных расстройств (6) + частичное загнивание и абсолютное загнивание (2)). При коэффициенте от 0 по 1 плоды считаются относительно устойчивыми.

Выявлена генотипическая (сортовая) устойчивость плодов изучаемой группы сортов к физиологическим расстройствам и микробиологическим заболеваниям. По степени устойчивости к большинству поражений и повреждений ряд сортов отнесены к группе относительно устойчивых (общий ОКУ ≤ 1). Так, плоды сортов Вавиловское, Ивановское и Рождественское имели общие ОКУ от 0,8 у сорта Рождественское (режим -1°C), 0,9 у сорта Вавиловское (режим $+2^{\circ}\text{C}$) до 1,0 у сортов Вавиловское (режим -1°C) и Ивановское (режим -1°C).

По степени устойчивости плодов к физиологическим расстройствам все сорта отнесены к группе относительно устойчивых (ОКУ от 0,7 — сорта Ивановское (режим -1°C) и Министр Киселев (режим $+2^{\circ}\text{C}$) до 0,8 — сорта Вавиловское (режим $+2^{\circ}\text{C}$) и Рождественское (режим -1°C) и до 0,9 — Вавиловское (режим -1°C) и Патриот (режим -1°C).

По степени устойчивости к загару и горькой ямчатости (основные физиологические расстройства, которые приносят главный ущерб плодам значительной части промышленных сортов при их коммерческом хранении), расстройствам, к изучению которых привлечено внимание ученых многих

стран (Lu et al., 2011; Gapper et. al., 2017; Karagiannis et. al., 2018), среди изучаемых сортов наиболее устойчивыми были Министр Киселев — ОКУ = 0,5 в режиме -1°C и 1,0 в режиме $+2^{\circ}\text{C}$ и Рождественское — 0 и 1,0 соответственно. Плоды сорта Ивановское были абсолютно устойчивы к загару и горькой ямчатости ОКУ = 0.

Микробиологические заболевания плодов, заражение которыми в основном происходит еще в саду и проявляется при хранении, оказывали влияние на общий процент потерь после снятия плодов с хранения. Меньше других сортов повреждались плоды Патриота — ОКУ = 0,5 (режим $+2^{\circ}\text{C}$) и Рождественского — 1,0 в обоих режимах хранения.

«Остаточный эффект хранения»

Был изучен временной период, в течение которого здоровые плоды изучаемых сортов сохраняют товарные и потребительские качества после снятия их с хранения в условиях комнатной температуры ($18-20^{\circ}\text{C}$) в течение 5–10 суток (Таблица 6) — «остаточный эффект хранения» (ОЭХ).

Таблица 6

Временной период сохранения плодами товарных и потребительских качеств после снятия их с хранения в условиях комнатной температуры

Урожай, год	Сорт	Вариант хранения	Выложено на «ОЭХ», шт.	Нахождение при комнатной температуре, сутки	Физиологические расстройства					Примечание	Общее поражение, %
					Здоровые, шт.	Загар, шт.	Перезревание, шт.	Побурение мякоти, шт.	Увядание, шт.		
2021	Вавиловское	$+2^{\circ}\text{C}$	5	10	1	4	+	0	0		80+
		-1°C	5		3	2	+	0	0		40+
	Ивановское	$+2^{\circ}\text{C}$	5	5	3	0	0	2	+	Общее внутреннее побурение	40+
		-1°C	5		2	0	0	3	0		60
	Министр Киселёв	$+2^{\circ}\text{C}$	5	4	4	1	0	0	0		20
		-1°C	5		3	2	0	+	0		40+
	Патриот	$+2^{\circ}\text{C}$	5	6	3	2	0	0	+		40+
		-1°C	5		4	1	0	0	+		20+
	Рождественское	$+2^{\circ}\text{C}$	5	4	4	1	0	0	0		20
		-1°C	5		3	0	2	0	0		40

Окончание Таблицы 6

Уро- жай, год	Сорт	Вариант хранения	Выложено на «ОЭХ», шт.	Нахождение при комнат- ной температуре, сутки	Физиологические расстройства					Примечание	Общее поражение, %
					Здоровые, шт.	Загар, шт.	Перезревание, шт.	Побурение мякоти, шт.	Увядание, шт.		
2022	Вавиловское	+2 °С	5	4	5	0	0	+	+	Побурение сердцевины	0+
		-1 °С	5		1	4	0	+	0	Восковой налет	80+
	Ивановское	+2 °С	5	6	1	0	4	+	0	Внутреннее побурение	80+
		-1 °С	5		2	0	1	2	0	Незначительное внутреннее побурение	60
	Министр Киселёв	+2 °С	5	5	3	2	0	0	0		40
		-1 °С	5		2	3	0	0	0		60
	Патриот	+2 °С	5	6	4	1	0	0	+	Внутреннего побурения нет	20+
		-1 °С	5		5	0	0	0	+	Внутреннего побурения нет	0+
	Рождественское	+2 °С	5	5	3	2	0	0	0		40
		-1 °С	5		4	1	0	0	0		20
Среднее за 2021–2022 гг.	Вавиловское	+2 °С	5	7	3	2	+	+	+	Побурение сердцевины	40+
		-1 °С	5		2	3	+	+	0	Восковой налет	60+
	Ивановское	+2 °С	5	6	2	0	2	+	+	Внутреннее побурение	60+
		-1 °С	5		2	0	0,5	2,5	0	Внутреннее побурение	60
	Министр Киселёв	+2 °С	5	5	3,5	1,5	0	0	0		30
		-1 °С	5		2,5	2,5	0	+	0		50+
	Патриот	+2 °С	5	6	3,5	1,5	0	0	+	Внутреннего побурения нет	30+
		-1 °С	5		4,5	0,5	0	0	+	Внутреннего побурения нет	10+
	Рождественское	+2 °С	5	5	3,5	1,5	0	0	0		30
		-1 °С	5		3,5	0,5	1	0	0		30
Среднее за 2021–2022 гг. по режимам		+2 °С	5	6	3,1	1,3	0,4	0	0		38+
		-1 °С			2,9	1,3	0,3	0,5	0		42+

Примечание: (1) – (20 % поражения).

(2) – (40 %).

(3) – (60 %).

(4) – (80 %).

(5) – (100 %).

(+) – наличие сопутствующего поражения.

(0) – отсутствие поражения.

В среднем за 2 года исследований плоды из режима +2 °С лучше сохраняли товарные и потребительские качества после их снятия с хранения в условиях комнатной температуры (ОЭХ). Общие потери плодов от физиологических расстройств из этого режима после 6 суток хранения при температуре + 20 °С составили 38%, при 42% из режима -1 °С.

Меньше всего общих потерь имели плоды сортов Вавиловское из режима +2 °С в 2022 году после нахождения в течение 4 суток при комнатной температуре — 0%, но с наличием сопутствующих потерь в виде единичного побурения сердцевины и увядания, а также плоды сорта Патриот из режима -1 °С в том же году после нахождения

при комнатной температуре в течение 6 суток — 0 % и сопутствующем увядании. Тем не менее, группа изучаемых сортов обладает низким ОЭХ плодов, что обусловлено недостаточным временным периодом для их коммерческой реализации.

ВЫВОДЫ

Этапная цель исследований достигнута. Метеорологические условия учетных периодов вегетации, степень зрелости, различные температурные режимы холодильных камер и продолжительность хранения плодов в холодильных камерах оказывают влияние на выход здоровых плодов по сортам. Режим хранения -1°C в среднем по сортам был существенно лучшим. По степени устойчивости к большинству поражений от физиологических расстройств и повреждений от микробиологических заболеваний ряд сортов относительно устойчив. Относительная устойчивость плодов к физиологическим расстройствам и микробиологическим заболеваниям является непостоянным свойством и может изменяться под влиянием различных факторов, которые обуславливают изменение физиологического состояния плодов.

Причины падения или повышения устойчивости плодов к поражениям и повреждениям во время хранения могут обуславливаться различными условиями, имеющими место как до, так и в процессе их длительного хранения. В связи с этим, все технологические приемы, применяемые, как при уборке плодов в саду, так и в процессе их хранения, должны сводиться к созданию наиболее благоприятных для них условий, обеспечивающих сохранение присущей им устойчивости. Условия и продолжительность хранения плодов должны способствовать сохранению плодами нормального хода метаболизма и предотвращать обменные нарушения.

Повышение лежкости и сохранение качества плодов после их хранения в различных температурных условиях холодильника возможны лишь при всестороннем изучении процессов, обуславливающих преждевременные потери.

В целом группа исследованных сортов имеет очень короткий период коммерческой реализации, о чем свидетельствует «остаточный эффект хранения» плодов при комнатной температуре. На следующем

этапе исследований необходима корректировка температурных условий и продолжительности хранения плодов изучаемых сортов.

Определен временной этап продолжения исследований по изучаемой группе сортов, который ограничен еще двумя годами. Возможность применения выбранных методов и объектов исследования ограничена описанными. Дальнейшие исследования будут также направлены на применение прогностических методов исследования, одним из которых является регрессионный, используемый в садоводстве для определения и оценки взаимосвязи между зависимыми и независимыми переменными и может быть применен для моделирования будущей взаимосвязи между ними.

АВТОРСКИЙ ВКЛАД

Андрей Леонидович Никитин: администрирование проекта и курирование исследования, концептуализация, создание модели исследования, формулирование исследовательских целей и задач, проведение эксперимента, сбор, администрирование и курирование данных, проведение и анализ исследования, применение статистических методов для анализа данных исследования, подготовка черновика рукописи, создание рукописи, ее комментирование, рецензирование и редактирование, визуализация/представление данных.

Маргарита Алексеевна Макаркина: руководство исследованием, администрирование проекта, проведение эксперимента, администрирование данных, участие в исследовательском процессе, комментирование черновика рукописи, комментирование, рецензирование и редактирование рукописи до ее публикации.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCE

- Дементьева, М. И., & Выгонский, М. И. (1988). *Болезни плодов, овощей и картофеля при хранении*. Москва: Агропромиздат.
- Dementyeva, M. I., & Vygonsky, M. I. (1988). *Diseases of fruits, vegetables, and potatoes during storage*. Moscow: Agropromizdat. (In Russ.)
- Никитин, А. Л., & Макаркина, М. А. (2020). *Хранение яблок: Прошлое, настоящее, будущее*. Орел: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур.
- Nikitin, A. L., & Makarkina, M. A. (2020). *Apple storage: Past, present, future*. Orel: All-Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding. (In Russ.)
- Никитин, А. Л. (1999). *Качество и лежкость плодов новых сортов иммунных и высокоустойчивых к парше сортов яблони, выращенных в садах интенсивного типа* [Кандидатская диссертация, Мичуринский государственный аграрный университет]. Россия.
- Nikitin, A. L. (1999). *Quality and storability of fruits of new immune and highly scab-resistant apple varieties grown in intensive orchards* [Candidate dissertation, Michurinsk State Agrarian University]. Russia. (In Russ.)
- Никитин, А. Л., & Макаркина, М. А. (2019). Влияние метеоусловий на лежкость плодов иммунных к парше колонновидных сортов яблони. *Техника и технология пищевых производств*, 49(4), 545–554. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-545-554>
- Nikitin, A. L., & Makarkina, M. A. (2019). The influence of weather conditions on the storability of fruits of scab-immune columnar apple varieties. *Technique and Technology of Food Production*, 49(4), 545–554. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-545-554>
- Никитин, А. Л., & Макаркина, М. А. (2021). Деструктивные гидротермические факторы вегетационного периода за месяц до уборки урожая, увеличивающие потери плодов яблони от «загара» во время хранения. *Вестник Российской сельскохозяйственной науки*, (6), 23–26. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/6/23-26>
- Nikitin, A. L., & Makarkina, M. A. (2021). Destructive hydrothermal factors of the vegetative period a month before harvest increasing apple fruit losses from “sunburn” during storage. *Bulletin of the Russian Agricultural Science*, (6), 23–26. (In Russ.) <https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/6/23-26>
- Седова, З. А., & Гудковский, В. А. (1999). *Изучение лежкости плодов семечковых культур: Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур*. Орел: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур.
- Sedova, Z. A., & Gudkovsky, V. A. (1999). *Study of the storability of pome fruit: Program and methodology for the variety study of fruit, berry, and nut crops*. Orel: All-Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding. (In Russ.)
- Anese, R. de Oliveira, Brackmann, A., Wendt, L. M., Thewes, F. R., Schultz, E. E., Ludwig, V., & Berghetti, M. R. P. (2019). Interaction of 1-methylcyclopropene, temperature and dynamic controlled atmosphere by respiratory quotient on “Galaxy” apples storage. *Food Packaging and Shelf Life*, 20, Article 100246. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.07.004>
- Avilova, S. V., Kornienko, V. N., Gryzunov, A. A., & Vankova, A. A. (2019). An effect of storage and transportation temperature on quantitative and qualitative composition of microflora of plant products. *Food Systems*, 2(4), 42–47. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2019-2-4-42-47>
- Brizzolara, S., Manganaris, G. A., Fotopoulos, V., Watkins, C. B., & Tonutti, P. (2020). Primary Metabolism in Fresh Fruits During Storage. *Frontiers in Plant Science*, 4, Article 80. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00080>
- Bui, T. A. T., Strid, H., & Molin M. (2021). Influence of weather conditions on the quality of “Ingrid Marie” apples and their susceptibility to grey mould infection. *Journal of Agriculture and Food Research*, 3, 100104. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100104>
- Cao, M., Wang, D., Qiu, L. Ren, X., & Ma, H. (2021). Shelf-life prediction of “Royal Gala” apples based on quality attributes and storage temperature. *Horticultural Science and Technology*, 39(3), 343–355. <https://doi.org/10.7235/HORT.20210031>
- Crouch, E. M., Jooste, M., Majoni, T. J., Crouch, I. J., & Bergman, H. (2015). Harvest maturity and storage duration influencing flesh browning in south african “Cripps’ pink” apples. *Acta Horticulturae*, 1079, 121–127. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1079.11>
- Dris, R. & R. Niskanen. (1999). Quality changes of ‘Lobo’ apples during cold storage. *International Symposium on Effects of Pre-and Post-harvest Factors on Storage of Fruit* (pp. 125–131). ISHS.
- Fernandes, R. C., Steffens, C. A., Anami, J. M., Mosquera, D. J. C., Amarante, C. V. T., & Brackmann, A. (2021). Quality of “Cripps’ pink” apples stored under controlled atmosphere with ultra-low and extremely low oxygen partial pressures or treated with 1-methylcyclopropene. *Bragantia*, 80, Article e5921. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.2021115>
- Gapper, N. E., Bowen, J. K., & Brummell, D. A. (2023). Biotechnological approaches for predicting and controlling apple storage disorders. *Current Opinion in Biotechnology*, 79, Article 102851. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2022.102851>
- Gapper, N. E., Hertog, M. L. A. T. M., Lee, J. Buchanan, D. A., Leisso, R. S., Fei, Z., Qu, G., Giovannoni, J. J., Johnston, J. W., Schaffer, R. J., Nicolaï, B. M., Mattheis, J. P. Watkins, C. B., & Rudell, D. R. (2017). Delayed response to cold stress is characterized by successive metabolic shifts culminating in apple fruit peel necrosis. *BMC Plant Biology*, 17, Article 77. <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1030-6>
- Gorzalany, J., Belcar, J., Kuźniar, P., Niedbała, G., & Pentoś, K. (2022). Modelling of mechanical properties of fresh and stored fruit of large cranberry using multiple linear regression and machine learning. *Agriculture*, 12(2), 200. <https://doi.org/10.3390/agriculture12020200>

- Gudkovsky, V. A., Kozhina, L. V., Nazarov, Yu. B. Sutormina, A. V., & Akishin, D. V. (2021). Keeping ability of apple fruits of new cultivars under different storage technologies. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*, 845(1), Article 012099. IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/845/1/012099>
- Huang, K., Fu D., Jiang, Y., Liu, H., Shi, F., Wen, Y., Cai, C., Chen, J., Ou, L., & Yan Q. (2023). Storability and linear regression models of pericarp browning and decay in fifty litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) cultivars at room temperature storage. *Foods*, 12(8), 1725. <https://doi.org/10.3390/foods12081725>
- Jan, I., & Rab, A. (2012). Influence of storage duration on physico-chemical changes in fruit of apple cultivars. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 22(3), 708–714.
- Jobling, J.J. and McGlasson, W.B. (1995). A comparison of ethylene production, maturity and controlled atmosphere storage life of “Gala”, “Fuji” and “Lady Williams” apples (*Malus x domestica* Borkh.). *Postharvest Biology and Technology*, 6, 209–218.
- Kader, A. A. (1986). Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology*, 40, 99–104.
- Karagiannis, E., Michailidis, M., Tanou, G., Samiotaki, M., Karamanoli, K., Avramidou, E., Ganopoulos, I., Madesis, P., & Molassiotis, A. (2018). Ethylene-dependent and-independent superficial scald resistance mechanisms in ‘Granny Smith’ apple fruit. *Scientific Reports*, 8(1), Article 11436. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29706-x>
- Khorshidi, J. (2010). Storage temperature effects on the postharvest quality of apple (*Malus domestica* Borkh. cv. Red Delicious). *New York Science Journal*, 3(3), 67–70.
- Lee, S. K., & Kader, A. A. (2020). Preharvest and postharvest factors influencing Vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20, 207–220. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00133-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00133-2)
- Lu, X., Liu, X., Li, S., Wang, X., & Zhang, L. (2011). Possible mechanisms of warming effects for amelioration of superficial scald. *Postharvest Biology and Technology*, 62(1), 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.04.008>
- McCormick, R., Neuwald, D. A., & Streif, J. (2012). Commercial apple ca storage temperature regimes with 1-mcp (smartfreshtm): benefits and risks. *Acta Horticulturae*, 934, 263–270. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.934.32>
- McCormick, R. J., Biegert, K., & Streif, J. (2021). Occurrence of physiological browning disorders in stored “Braeburn” apples as influenced by orchard and weather conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 177, Article 111534. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111534>
- Mohebi, M., Babalar, M., Askari, M.A., Talaei, A., & Barker, A.V. (2017). Effects of harvest date on apple fruit quality at harvesting and after cold storage. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 4(1), 21–27. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2018.210156.134>
- Nikitin, A. L., & Makarkina, M. A. (2021). Some indicators of the quality and cold storage of the fruit of new scab immune columnar apple cultivars. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 640, Article 062013. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/6/062013>
- Osinenko, P., Biegert, K., McCormick, R. J., Göhr, T., Devadze, G., Streif, J., & Streif, S. (2021). Application of non-destructive sensors and big data analysis to predict physiological storage disorders and fruit firmness in “Braeburn” apples. *Computers and Electronics in Agriculture*, 183, 106015. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106015>
- Oyenihi, A. B., Belay, Z. A., Mditshwa, A., & Caleb, O. J. (2022). “An apple a day keeps the doctor away”: The potentials of apple bioactive constituents for chronic disease prevention. *Journal of Food Science*, 87(6), 2291–2309. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16155>
- Prange, R. K., & Wright, A. H. (2023). A review of storage temperature recommendations for apples and pears. *Foods*, 12(3), 466. <https://doi.org/10.3390/foods12030466>
- Shaw, J. K. (1911). Climatic adaptations of apple varieties. *Thirty-Third Annual Report of the Massachusetts Agricultural Experiment Station*, 23, 177–245.
- Soto-Bravo, F., & González-Lutz, M. I. (2019). Analysis of statistical methods to evaluate the performance of simulation models in horticultural crops. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 517–534. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.33839>
- Van Pham, T., McConchie, R., Morris, S., Tanner, D., & Herbert, R. (2008). Prediction of firmness change in “Cripps’ pink” apple during storage. *Acta Horticulturae*, 803, 319–326. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.803.41>
- Watkins, C. B., & Thompson, C. J. (1992). An evaluation of microperforated polyethylene film bags for storage of “Cox’s Orange Pippin” apples. *Postharvest Biology and Technology*, 2, 89–100.
- Zanella, A., & Rossi, O. (2015). Post-harvest retention of apple fruit firmness by 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment or dynamic CA storage with chlorophyll fluorescence (DCA-CF). *European Journal of Horticultural Science*, 80(1), 11–17. <http://dx.doi.org/10.17660/eJHS.2015/80.1.2>
- Zhang, B. B., Ma, R. J., Cai, Z. X., Yan, Z. M., & Yu, M. L. (2021). A linear regression freezing point prediction model for peach (*Prunus persica*) fruits. *Acta Horticulturae*, 1304, 299–308. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1304.41>
- Zhou, C. Y., Cheng, Q. W., Chen, T., Meng, L. L., Sun, T. G., Hu, B., Yang, J., & Zhang, D. Y. (2022). Prediction of banana quality during storage by brown area. *Acta Aliment.*, 51(4), 542–551. <https://doi.org/10.1556/066.2022.00154>