

Научная статья
УДК 634.11:631.243.5
<https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-3-22-27>

ДИНАМИЧНАЯ РЕГУЛИРУЕМАЯ АТМОСФЕРА – ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОГО САДОВОДСТВА

Владимир Александрович Гудковский¹, Людмила Владимировна Кожина²,
Алёна Владимировна Сутормина³, Юрий Борисович Назаров^{4✉}, Николай Дмитриевич Еремеев⁵

^{1,2,3,4}Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина, Мичуринск, Россия

⁵ЗАО «Агрофирма им. 15 лет Октября», Липецкая область, Россия

^{1,2,3,4}microlab-05@mail.ru

⁵nickolay.eremeev@gmail.com

Аннотация. Цель исследования – изучить эффективность хранения плодов яблони в динамичной регулируемой атмосфере (ДРА) и выявить возможности ее использования в органическом садоводстве в качестве альтернативы традиционной промышленной технологии хранения УЛО + 1-МЦП. Исследования проводились в 2023–2024 гг. на плодах перспективных промышленных сортов яблони из двух зон садоводства: Гренни Смит, Джеромин (СКФО, ООО «Сады Ставрополя»), Лигол, Ред Джонапринц (ЦФО, ЗАО «Агрофирма им. 15 лет Октября»). В результате проведенных исследований подтверждена высокая эффективность технологии ДРА в сохранении качества и защите от физиологических заболеваний плодов всех исследуемых сортов. Хранение в условиях ДРА обеспечило сохранение оптимальных параметров потребительского качества плодов (вкус, аромат, сочная текстура, внешняя привлекательность), сдерживало/исключало развитие загара, подкожной пятнистости, более эффективно по сравнению с технологией УЛО + 1-МЦП обеспечивало защиту плодов от коричневой пятнистости, внешних CO₂-повреждений, диффузного побурения кожицы, что является серьезным основанием для более масштабного внедрения технологии ДРА в производство, в том числе и в систему органического садоводства.

Ключевые слова: органическое садоводство, плоды яблони, хранение, динамичная регулируемая атмосфера

Для цитирования: Динамичная регулируемая атмосфера – перспективная технология для органического садоводства / В.А. Гудковский, Л.В. Кожина, А.В. Сутормина, Ю.Б. Назаров, Н.Д. Еремеев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2026. № 3(86). С. 22–27. <https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-3-22-27>.

Original article

DYNAMIC CONTROLLED ATMOSPHERE – A PROMISING TECHNOLOGY FOR ORGANIC GARDENING

Vladimir A. Gudkovsky¹, Lyudmila V. Kozhina², Alena V. Sutormina³, Yuri B. Nazarov^{4✉},
Nikolai D. Ereemeev⁵

^{1,2,3,4}I.V. Michurin Federal Scientific Center, Michurinsk, Russia

⁵CJSC “15 years of October Agrofirma”, Lipetsk Region, Russia

^{1,2,3,4}microlab-05@mail.ru

⁵nickolay.eremeev@gmail.com

Abstract. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of apple fruit storage in a dynamic controlled atmosphere (DCA) and to identify potential applications in organic horticulture as an alternative to the traditional industrial storage technology ULO + 1-MCP. The study was conducted in 2023–2024, apple fruits of promising commercial cultivars from two horticultural zones: Granny Smith, Jeromine (North Caucasus Federal District, LLC “Sady Stavropolya”), Ligol, Red Jonaprince (Central Federal District, CJSC “15 years of October Agrofirma”) were studied. The study confirmed the high effectiveness of DCA in preserving fruit quality and protecting apple fruits of all studied cultivars from physiological diseases. Storage under DCA conditions ensured the preservation of optimal parameters of consumer quality of fruits (taste, aroma, juicy texture, visual appeal), restrained/prevented the development of scald, bitter pit, provided more effective protection of fruits from leather blotch, external CO₂ injury, diffuse skin browning compared with the ULO + 1-MCP technology. These results have given a serious basis for a larger-scale implementation of DCA technology in apple fruit production, including organic gardening system.

Keywords: organic gardening, apple fruits, storage, dynamic controlled atmosphere

For citation: Gudkovsky V.A., Kozhina L.V., Sutormina A.V., Nazarov Yu.B., Ereemeev N.D. Dynamic controlled atmosphere – a promising technology for organic gardening. Bulletin of Michurinsk State Agrarian University, 2026, no. 3(86), pp. 22–27. <https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-3-22-27>.

Введение. Органическое сельское хозяйство – один из ключевых трендов, формирующих направление развития мирового и отечественного АПК. Увеличению производства органической продукции уделяется приоритетное внимание в 190 государствах мира. Развитие органического

сельского хозяйства нацелено на рациональное природопользование, повышение экологичности производства и конкурентоспособности сельхозпредприятий, а также улучшение качества питания и сохранение здоровья населения [1].

К настоящему времени рынок органической продукции в России составляет 27,6 млрд руб., с перспективой увеличения до 114,5 млрд руб. к 2030 году [1, 2]. При этом особую актуальность приобретает внедрение органического подхода в садоводстве, занимающем важную позицию в структуре отечественного сельского хозяйства. В 2021 году валовой сбор органических плодов в РФ составил 9,2 тыс. тонн, основной объем производства приходится на яблоки [1, 2]. В настоящее время в РФ сертифицированы по международному стандарту органические сады в Липецкой и Воронежской областях, Краснодарском и Ставропольском краях, Республике Крым. Следует отметить, что яблоки с маркировкой «органик» реализуются по более высокой цене, чем выращенные с применением традиционных агротехнологий [3].

Однако, отечественное органическое садоводство развивается гораздо более низкими темпами, чем органическое производство овощных, зернобобовых и масличных культур [1], что, вероятно, связано с высокой наукоемкостью и капиталоемкостью данного сегмента отрасли. К факторам, сдерживающим развитие органического садоводства в нашей стране, относятся высокая себестоимость продукции, длительный и дорогостоящий переходный период, сложная процедура сертификации, недостаточный уровень знаний и технологического обеспечения, а также неосведомленность многих производителей и потребителей о пользе и конкурентных преимуществах органических плодов, что ограничивает рынки сбыта [3]. Кроме того, остается открытым вопрос сохранения качества органических яблок в послеуборочный период. В настоящее время наиболее распространенная в промышленной практике технология хранения плодов яблони – это хранение в регулируемой атмосфере с ультранизким содержанием кислорода (УЛО) в сочетании с послеуборочной обработкой ингибитором биосинтеза этилена 1-метилциклопропеном (1-МЦП). Однако, применение 1-МЦП категорически не допускается при хранении яблок, маркированных как органические как в нашей стране [4], так и за рубежом [5, 6]. При этом для многих сортов яблони хранение в УЛО без послеуборочных химических обработок не обеспечивает эффективный контроль физиологических заболеваний (загар и др.) и процессов созревания (потеря твердости, титруемых кислот и др.) [6, 7]. В связи с этим в последние два десятилетия усилия многих исследователей в области послеуборочных технологий направлены на поиск экологических альтернатив химическому ингибитору этилена, среди которых наибольшего внимания заслуживает технология хранения плодов в динамичной регулируемой атмосфере (ДРА), обеспечивающая поддержание минимально допустимого, но при этом безопасного для продукции уровня кислорода в атмосфере хранения. Согласно результатам более ранних исследований, при длительном хранении технология ДРА может обеспечивать контроль многих физиологических заболеваний (загар, подкожная пятнистость и др.), поддерживать высокое качество (твердость, кислотность и т.д.) плодов яблони, в т.ч. выращенных органическим способом, повышая прибыльность производства органических плодов [5-8].

Целью данного исследования было изучить эффективность хранения плодов яблони в ДРА и выявить возможности ее использования в органическом садоводстве в качестве нехимической альтернативы традиционной промышленной технологии хранения УЛО + 1-МЦП.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в 2023-2024 гг. в Научно-консультационном центре по хранению плодов, ягод и винограда

ФНЦ им. И.В. Мичурина на плодах перспективных промышленных сортов яблони из разных зон садоводства: Гренни Смит, Джеромин (южная зона, Северо-Кавказский федеральный округ (СКФО), ООО «Сады Ставрополья»), Лигол, Ред Джонапринц (центральная зона, Центральный федеральный округ (ЦФО), ЗАО «Агрофирма им. 15 лет Октября»). Плоды были сняты в оптимальной степени зрелости и доставлены на хранение в лабораторный комплекс ФНЦ им. И.В. Мичурина (проектирование, строительство и техническое обеспечение – ООО «Холкор»), включающий экспериментальные камеры объемом 0,9 м³ с возможностью создания и поддержания высокоточных режимов хранения: УЛО (O₂ 1,2±0,1%, CO₂ 1,0±0,1%), ДРА (O₂ <0,8% в зависимости от сорта, CO₂ 0,8±0,1%). Создание условий ДРА осуществляли по флуоресценции хлорофилла, измеряемой специальными датчиками (ДРА^{CF}) [9]. Обработку плодов 1-МЦП перед хранением в УЛО проводили в течение 24 ч в герметичных условиях. Температура хранения +1°C. Срок экспериментального хранения – 8 месяцев.

По окончании срока хранения проводили визуальный осмотр плодов с целью выявления физиологических и грибных заболеваний. Физиологическое состояние плодов оценивали по содержанию в них эндогенного этилена (определяемого методом газовой хроматографии с использованием газового хроматографа GC-2014), α-фарнезена и КТ₂₈₁ (определяемых методом спектрофотометрии с использованием спектрофотометра СФ-201). Для оценки потребительского качества исследуемых плодов определяли их твердость (с помощью пенетрометра FT-327 с 11-мм плунжером для яблок), содержание сухих растворимых веществ (с помощью портативного рефрактометра PAL-BXI-ACID5) и титруемых кислот (определяемых методом титрования сока 0,1N раствором NaOH). Для имитации периода доведения до потребителя («жизнь на полке») плоды выдерживали в течение 10 суток при комнатной температуре (+20...+22°C), после чего оценивали изменение их состояния и измеряли твердость. Для статистической обработки данных применяли дисперсионный анализ с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты исследований и их обсуждение. Известно, что каждая технология хранения ориентирована на замедление метаболизма плодов посредством воздействия определенного набора активных факторов. Промышленная технология УЛО + 1-МЦП существенно замедляет процессы жизнедеятельности плодов в послеуборочный период за счет взаимодействия физических факторов (ультранизкий уровень кислорода 1,2±0,1%, повышенный уровень CO₂ 1,0±0,1%, низкая температура +1...+3°C), снижающих интенсивность дыхания плодов, и химического фактора – обработки ингибитором биосинтеза этилена 1-МЦП, молекулы которого прочно присоединяются к рецепторам этилена (гормона созревания) на клеточной мембране, сдерживая его накопление, замедляя процессы созревания и старения. Технология ДРА – это более современная версия регулируемой атмосферы, где на смену статичному, не меняющемуся в процессе хранения содержанию O₂ приходит динамичное регулирование его концентрации в зависимости от физиологической реакции плодов. Таким образом, хранение плодов осуществляется при минимально допустимом, но безопасном уровне O₂ в комплексе с другими физическими факторами (повышенный уровень CO₂ 0,8±0,1%, низкая температура +1...+3°C) [9].

В результате исследований установлено, что обе технологии сдерживали процессы созревания в плодах исследуемых сортов яблони, что подтверждается значениями

биохимических показателей после 8 месяцев хранения. У всех сортов в условиях УЛО + 1-МЦП выявлено более сильное подавление биосинтеза эндогенного этилена в плодах, чем в условиях ДРА, что объясняется кумулятивным ингибирующим воздействием ультранизкого уровня O_2 в атмосфере хранения и обработки химическим ингибитором этилена. Условия ДРА в большей степени сдерживали

накопление эндогенного этилена у сортов южной зоны (Гренни Смит, Джеромин). Исследуемые сорта ЦФО (Лигол и Ред Джонапринц) после 8 месяцев хранения в ДРА характеризовались значениями гормона в пределах от 35,2 до 68,4 ppm (таблица 1), что для сортов с высокой интенсивностью созревания соответствует замедлению, но не подавлению метаболических процессов.

Таблица 1
Table 1

Физиологические и качественные показатели плодов яблони исследуемых сортов после 8 месяцев хранения в условиях УЛО + 1-МЦП и ДРА (без 1-МЦП)
Physiological and quality parameters of apple fruits of the studied cultivars after 8 months of storage under ULO + 1-MCP and DCA (without 1-MCP)

Сорт	Технология хранения	Твердость после хранения/ твердость +10 сут. при +20°C, кг/см ²	Этилен, ppm	α-фарнезен	КТ ₂₈₁	CPB*, %	TK*, %
				нмоль/см ²			
Сорта СКФО							
Гренни Смит	УЛО+1-МЦП	7,9/7,7	0,05	9,78	2,26	13,7	0,83
	ДРА	8,0/7,4	16,6	30,94	3,82	14,0	0,87
	НСР ₀₅	0,5/0,5	3,98	10,95	1,87	0,2	0,03
Джеромин	УЛО+1-МЦП	7,4/7,3	2,46	18,89	2,69	15,4	0,26
	ДРА	7,0/6,9	5,20	14,39	4,18	15,7	0,32
	НСР ₀₅	0,5/0,6	3,35	10,56	2,86	0,4	0,04
Сорта ЦФО							
Лигол	УЛО+1-МЦП	6,5/6,2	0,73	10,99	0,77	13,7	0,49
	ДРА	6,8/6,5	68,4	23,40	2,22	14,2	0,51
	НСР ₀₅	0,5/0,4	48,6	1,48	1,03	0,2	0,03
Ред Джона-принц	УЛО+1-МЦП	7,8/7,4	4,88	3,92	0,72	15,5	0,66
	ДРА	7,6/7,1	35,2	15,39	1,76	15,6	0,68
	НСР ₀₅	0,4/0,5	29,1	7,43	0,27	0,2	0,03

*CPB – содержание сухих растворимых веществ, ТК – титруемая кислотность.

По данным наших многолетних исследований [7], технология УЛО + 1-МЦП отличается большей эффективностью в сохранении стабильно высоких показателей твердости плодов при хранении и доведении до потребителя. В рамках данного исследования изучение влияния технологий хранения на твердость плодов выявило отсутствие существенных различий по данному показателю между условиями УЛО + 1-МЦП и ДРА у всех изучаемых сортов как по итогам 8 месяцев хранения, так и после периода имитации условий доведения до потребителя («жизнь на полке»). Плоды сортов Гренни Смит, Джеромин и Ред Джонапринц после хранения отличались стабильными показателями твердости $\geq 7,0$ кг/см² с незначительным снижением в период «жизни на полке». Плоды сорта Лигол, отличающегося быстрой потерей твердости при хранении, также сохраняли приемлемую потребительскую твердость (>6 кг/см²) при использовании обеих изучаемых технологий. Полученные результаты показывают, что для изучаемых сортов яблони технология длительного хранения УЛО + 1-МЦП, предполагающая применение химического ингибитора этилена, не имеет существенных преимуществ в сохранении твердости плодов по сравнению с технологией ДРА, которая может послужить отличной альтернативой для хранения органических яблок.

Анализ содержания в кутикуле кожицы плодов продуктов окисления α -фарнезена – КТ₂₈₁ (соединения, провоцирующие развитие загара) после 8 месяцев хранения показал, что обе технологии сдерживали накопление биотоксикантов в плодах всех исследуемых сортов. Плоды сортов Лигол и Ред Джонапринц отличались низкими уровнями

КТ₂₈₁ как при хранении в условиях УЛО + 1-МЦП (0,77 и 0,72 нмоль/см² соответственно), так и в ДРА (2,22 и 1,76 нмоль/см² соответственно). При таких значениях показателя риски развития загара у указанных сортов практически исключаются. У сортов с высокой восприимчивостью к загару – Гренни Смит и Джеромин – уровни КТ₂₈₁ по итогам 8 месяцев хранения составили 2,26 и 2,69 нмоль/см² соответственно в условиях УЛО + 1-МЦП, 3,82 и 4,18 нмоль/см² соответственно в условиях ДРА. Несмотря на более высокие значения показателя в плодах, хранившихся в ДРА, признаков загара в этих партиях, как и в УЛО + 1-МЦП, не было выявлено, что, вероятно, обусловлено ингибированием окислительных процессов при снижении O_2 в атмосфере хранения до минимально допустимого уровня. Полученные результаты подтверждают возможность контроля загара у многих восприимчивых к заболеванию сортов в условиях ДРА, не прибегая к дополнительной химической обработке.

Важными показателями, влияющими на восприятие вкуса яблок (интенсивность вкуса, ощущение сладости/кислоты), являются содержание в плодах сухих растворимых веществ и титруемая кислотность [10]. Плоды всех изучаемых сортов при хранении в ДРА отличались сопоставимыми, либо более высокими значениями показателей по сравнению с плодами, хранившимися в УЛО + 1-МЦП. Кроме того, было отмечено, что плоды, хранившиеся в ДРА, обладали хорошим, выраженным вкусом и специфическим для сорта ароматом, что для многих коммерческих сортов имеет принципиальное значение. Вероятно, замедленный, но не чрезмерно подавленный синтез этилена

в плодах в условиях ДРА способствует снижению расхода сухих растворимых веществ и титруемых кислот в связи со снижением интенсивности дыхания плодов, но при этом не блокирует этилен-опосредованные реакции синтеза веществ, участвующих в формировании их вкуса и аромата, что также можно отнести к преимуществам технологии.

После 8 месяцев хранения в условиях УЛО + 1-МЦП и ДРА были выявлены различия в поражении плодов исследуемых сортов физиологическими заболеваниями. Основные потери от физиологических расстройств, характерных для каждого сорта, отражены на рисунке 1.

Установлено, что технология ДРА не менее эффективно, чем УЛО + 1-МЦП, обеспечила защиту от загара у всех исследуемых сортов, в т.ч. и крайне восприимчивых к заболеванию (Гренни Смит, Джеромин). У сортов Джеромин и Ред Джонапринц хранение в ДРА способствовало снижению потерь от подкожной пятнистости (до 2,0 и 0,5%

соответственно по сравнению 6,0 и 2,6% соответственно в УЛО + 1-МЦП), исключению потерь от коричневой пятнистости – усиленной формы проявления подкожной пятнистости (в УЛО + 1-МЦП количество пораженных плодов составило 5,0 и 3,3%). У сорта Гренни Смит хранение в ДРА обеспечило защиту плодов не только от загара, но и от диффузного побурения кожицы (потери от ДПК в условиях УЛО + 1-МЦП составили 18,8%). У сорта Лигол условия ДРА обеспечили эффективную защиту плодов от CO₂-ожога кожицы, в то время как в условиях УЛО + 1-МЦП количество пораженных заболеванием плодов достигло 10,3%. При длительном хранении плодов сорта Лигол в условиях ДРА возможно появление единичных плодов с признаками маслянистости кожицы, что, как правило, не оказывает негативного влияния на качественное восприятие партии в целом.

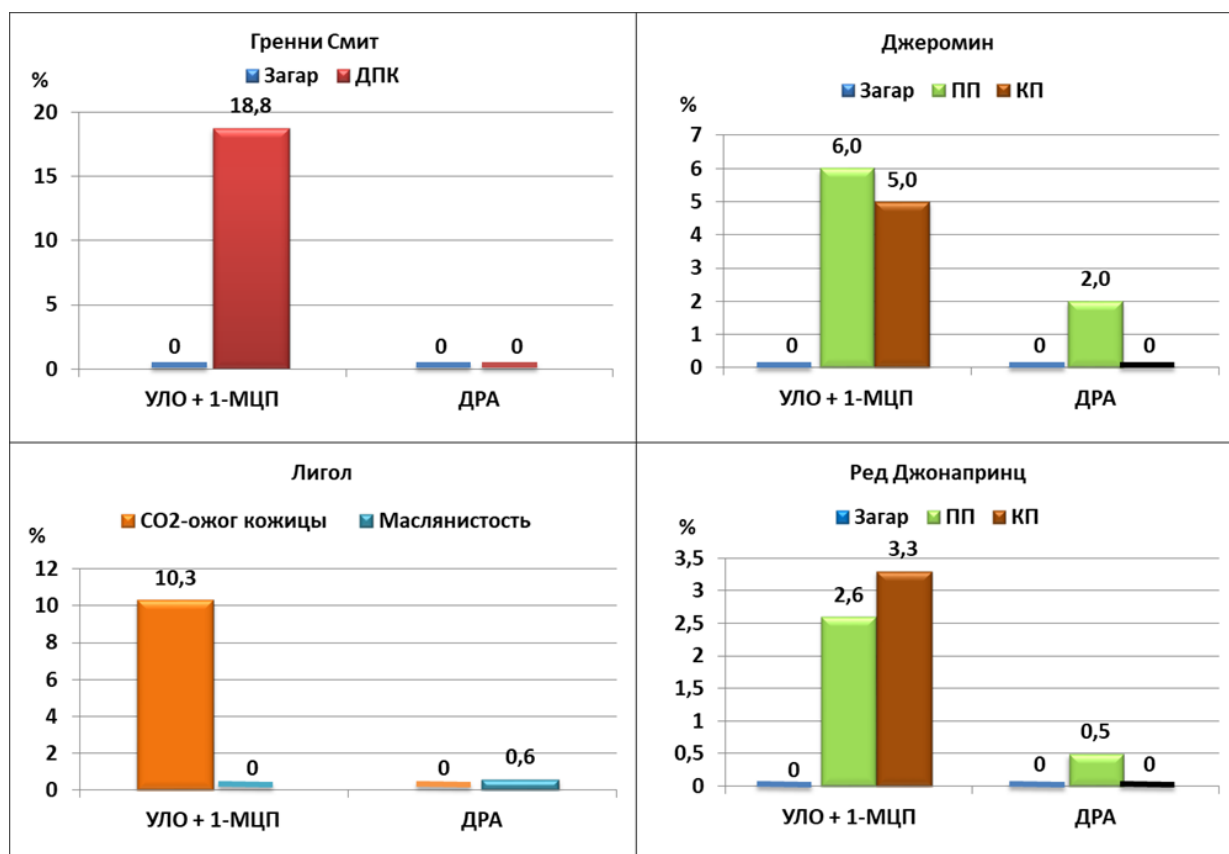


Рисунок 1. Физиологические заболевания плодов яблони исследуемых сортов после 8 месяцев хранения в условиях УЛО + 1-МЦП и ДРА (без 1-МЦП). Сокращения: ДПК – диффузное побурение кожицы; ПП – подкожная пятнистость; КП – коричневая пятнистость

Figure 1. Physiological disorders of apple fruits of the studied cultivars after 8 months of storage under ULO + 1-MCP and DCA (without 1-MCP). Abbreviations: DSB – diffuse skin browning; BP – bitter pit; LB – leather blotch

Следует отметить, что существенное снижение/исключение потерь от таких физиологических заболеваний, как подкожная и коричневая пятнистость, диффузное побурение кожицы, внешние CO₂-повреждения (CO₂-ожог кожицы) можно считать одним из важнейших преимуществ технологии ДРА по сравнению с технологией УЛО + 1-МЦП. Несмотря на неоспоримую эффективность 1-МЦП в сохранении твердости и защите плодов от некоторых физиологических заболеваний (загар, распад от старения, маслянистость кожицы), обработка химическим ингибитором этилена с биологической точки зрения является стрессом,

оказывающим жесткое и необратимое влияние не только на физиологическое состояние плодов, но и на их естественные защитные механизмы (синтез антиоксидантов и энергетический потенциал), что может привести к физиологическим нарушениям [7, 11], особенно у плодов с низким адаптационным потенциалом.

Технология ДРА также оказывает стрессовое воздействие на плоды, но, в отличие от 1-МЦП, такой стресс имеет мягкий и управляемый характер, позволяющий им плавно адаптироваться к условиям хранения. Хранение при минимально допустимом уровне O₂ эффективно

(но не чрезмерно) сдерживает процессы созревания плодов, в меньшей степени подавляя их энергетический потенциал, синтез естественных антиоксидантов и летучих ароматических веществ, определяющих вкус и аромат яблок, при этом плоды сохраняют устойчивость к комплексу физиологических заболеваний (в т.ч. имеющих различные причины и механизмы развития). Кроме того, управление жизнедеятельностью и качеством плодов в условиях ДРА осуществляется исключительно на основе физических факторов, что открывает широкие перспективы для освоения технологий в системе органического садоводства.

Заключение. В результате проведенных исследований подтверждена высокая эффективность технологии ДРА в сохранении качества и защите от физиологических заболеваний плодов перспективных сортов яблони СКФО

и ЦФО, снятых в оптимальной степени зрелости. Хранение в условиях ДРА под воздействием только физических факторов, исключаящее послеуборочную химическую обработку, обеспечивает сохранение оптимальных параметров потребительского качества плодов (вкус, аромат, сочная текстура, внешняя привлекательность) и сдерживает/исключает развитие многих экономически значимых физиологических расстройств не менее эффективно, чем традиционные промышленные технологии, более эффективно защищает плоды от подкожной и коричневой пятнистости, внешних CO₂-повреждений, диффузного побурения кожицы, что является серьезным основанием для более масштабного внедрения технологии ДРА в производство, в том числе и в систему органического садоводства.

Список источников

1. Стратегия развития производства органической продукции в Российской Федерации до 2030 года [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407297286> (дата обращения 24.06.2026)
2. Слинко О.В., Кондратьева О.В., Войтюк В.А. Перспективы развития органического садоводства // *АгроЭкоИнженерия*. 2024. Т. 3. № 120. С. 64-74.
3. Органическое садоводство в России – мнение эксперта [Электронный ресурс]. URL: <https://glavagronom.ru> (дата обращения: 24.06.2026).
4. ГОСТ 33980-2016 Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации. М.: Стандартинформ, 2016. 48 с.
5. Gasser F., Von Arx K. Dynamic CA storage of organic apple cultivars. *Acta Horticulturae*, 2013, vol. 1071, pp. 527-532. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1071.68>
6. Al Shoffe Y., Rudell D., Park D., Algul B.E., Qin M., Shi M., Dando R., Watkins C.B. Aroma volatiles and sensory quality of organically-grown apple cultivars after dynamic controlled atmosphere (DCA) storage and comparison with CA-stored fruit with and without 1-methylcyclopropene (1-MCP). *Postharvest Biology and Technology*, 2024, vol. 218, pp. 113162. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2024.113162>
7. Система круглогодичного хранения плодов яблони / В.А. Гудковский, Л.В. Кожина, Ю.Б. Назаров, А.В. Сутормина. Воронеж: Кварта, 2025. 684 с.
8. Cabote N.J., Gallardo R.K., Torres C.A., Galinato S.P. Optimizing economic outcomes in organic apple storage via dynamic controlled atmosphere. *Acta Horticulturae*, 2025, vol. 1456, pp. 29-36. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2026.1456.5>
9. Prange R.K., Wright A.H., DeLong J.M., Zanella A. A review on the successful adoption of dynamic controlled-atmosphere (DCA) storage as a replacement for diphenylamine (DPA), the chemical used for control of superficial scald in apples and pears. *Acta Horticulturae*, 2013, vol. 1071, pp. 389-396. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1071.50>
10. Musacchi S., Serra S. Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*, 2018, vol. 234, pp. 409-430. <https://doi.org/10.1016/j.scientia.2017.12.057>
11. De Freitas S.T., Pareek S. [ed.]. *Postharvest physiological disorders in fruits and vegetables*. CRC Press, 2019. 824 p.

References

1. Strategy for the Development of Organic Production in the Russian Federation until 2030 [Electronic resource]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407297286> (accessed June 24, 2026)
2. Slinko O.V., Kondratieva O.V., Voytyuk V.A. Prospects for the development of organic gardening. *AgroEcoEngineering*, 2024, vol. 3, no. 120, pp. 64-74.
3. Organic Gardening in Russia – An Expert's Opinion [Electronic resource]. URL: <https://glavagronom.ru> (accessed: June 24, 2026).
4. GOST 33980-2016 Organic Products. Rules for Production, Processing, Labeling, and Sales. Moscow: Standartinform, 2016. 48 p.
5. Gasser F., Von Arx K. Dynamic CA storage of organic apple cultivars. *Acta Horticulturae*, 2013, vol. 1071, pp. 527-532. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1071.68>
6. Al Shoffe Y., Rudell D., Park D., Algul B.E., Qin M., Shi M., Dando R., Watkins C.B. Aroma volatiles and sensory quality of organically-grown apple cultivars after dynamic controlled atmosphere (DCA) storage and comparison with CA-stored fruit with and without 1-methylcyclopropene (1-MCP). *Postharvest Biology and Technology*, 2024, vol. 218, pp. 113162. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2024.113162>
7. Gudkovsky V.A., Kozhina L.V., Nazarov Yu.B., Sutormina A.V. Year-round storage system for apple fruits. *Voronezh: Kvarta*, 2025. 684 p.
8. Cabote N.J., Gallardo R.K., Torres C.A., Galinato S.P. Optimizing economic outcomes in organic apple storage via dynamic controlled atmosphere. *Acta Horticulturae*, 2025, vol. 1456, pp. 29-36. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2026.1456.5>
9. Prange R.K., Wright A.H., DeLong J.M., Zanella A. A review on the successful adoption of dynamic controlled-atmosphere (DCA) storage as a replacement for diphenylamine (DPA), the chemical used for control of superficial scald in apples and pears. *Acta Horticulturae*, 2013, vol. 1071, pp. 389-396. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1071.50>

10. Musacchi S., Serra S. Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*, 2018, vol. 234, pp. 409-430. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.057>
11. De Freitas S.T., Pareek S. [ed.]. *Postharvest physiological disorders in fruits and vegetables*. CRC Press, 2019. 824 p.

Информация об авторах

В.А. Гудковский – академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель Научно-консультационного центра по хранению плодов, ягод и винограда, СПИН-код 2123-6926;

Л.В. Кожина – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, СПИН-код 2481-1586;

А.В. Сутормина – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, СПИН-код 4605-2213;

Ю.Б. Назаров – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, СПИН-код 3090-8818;

Н.Д. Еремеев – заместитель генерального директора.

Information about the authors

V.A. Gudkovsky – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Scientific Consulting Center for the Storage of Fruits, Berries and Grapes, SPIN code 2123-6926;

L.V. Kozhina – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the I.V. Michurin Federal Scientific Center, SPIN code 2481-1586;

A.V. Sutormina – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, SPINcode 4605-2213;

Yu.B. Nazarov – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, SPIN code 3090-8818;

N.D. Ereemeev – Deputy General Director.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Contribution of the Authors: all the authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 17.07.2026; одобрена после рецензирования 19.07.2026; принята к публикации 18.09.2026

The article was submitted 17.07.2026; approved after reviewing 19.07.2026; accepted for publication 18.09.2026

