ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-690-700

Оригинальная статья
http://fptt.ru

Качество и оптимальный срок лежкости капусты белокочанной позднего срока созревания

М. И. Иванова, Е. В. Янченко*, А. В. Янченко, И. И. Вирченко

Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, Верея, Россия

Поступила в редакцию: 06.04.2021

Принята после рецензирования: 25.06.2021
Принята в печать: 01.12.2021

**e-mail: elena_0881@mail.ru*
© М. И. Иванова, Е. В. Янченко, А. В. Янченко, И. И. Вирченко, 2021

Аннотация.
Введение. Послеуборочная сохраняемость капусты непродолжительна. Поэтому в марте – апреле возникает дефицит ее продукции из-за низкой лежкости и неправильного определения оптимальных сроков реализации. Цель исследования – установить качественные показатели и оптимальный срок лежкости капусты белокочанной позднего срока созревания для дальнейшей разработки технологической схемы конвейера реализации кочанов.
Объекты и методы исследования. 11 позднеспелых сортообразцов капусты белокочанной. Почва под опытами аллювиальная луговая, фон удобрений – $N_{150}P_{150}K_{180}$. Объединенную пробу закладывали в хранилище в деревянные контейнеры емкостью 200–250 кг, в которых послойно размещали 25 предварительно взвешенных и маркированных кочанов. Продукцию хранили в холодильной камере при температуре от 0 до +1 °C и относительной влажности воздуха 90–95 % до 7 месяцев в зависимости от сортообразца. В конце периода хранения учитывали выход товарной продукции, убыль массы, потери от болезней, в т. ч. по видовому составу.
Результаты и их обсуждение. Наибольший выход продукции после хранения получен у гибридов Герцогиня F_1 (80,4 %), Килатон F_1 (78,6 %) и Бомонд Агро F_1 (77,7 %). Построение криволинейной зависимости общих потерь продукции от сроков хранения позволило выявить оптимальные сроки лежкости (до 5–6 месяцев). Выход товарной продукции положительно тесно связан с содержанием сухого вещества в кочанах (r = 0,81), положительно средне – с содержанием аскорбиновой кислоты (r = 0,52), моносахаров (r = 0,55) и нитратов (r = 0,55). Убыль массы имела отрицательную среднюю связь с содержанием сухого вещества (r = –0,55), аскорбиновой кислоты (r = –0,49) и нитратов (r = –0,59).
Выводы. Оптимальный срок хранения для большинства сортов и гибридов капусты белокочанной – 4–5 месяца. Рентабельное хранение кочанов гибридов отечественной селекции Бомонд Агро F_1, Герцогиня F_1, Идиллия F_1 и Килатон F_1, демонстрирующих значимые результаты импортозамещения, возможно до 5–6 месяцев. Это позволяет обеспечить потребление россиянами капусты белокочанной в зимне-весенний период. Для бесперебойного снабжения населения капустой белокочанной в течение круглого года следует проводить испытания перспективных позднеспелых гибридов с лежкостью кочанов до 7 месяцев.

Ключевые слова. Капуста белокочанная, сорт, гибрид, качество, сохраняемость, потери, болезнеустойчивость, лежкость

Финансирование. Работа выполнена на базе Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО) в рамках плана НИР 0595-2019-0069 «Разработать технологическую схему конвейера реализации сортов и гибридов капусты белокочанной».

Для цитирования: Качество и оптимальный срок лежкости капусты белокочанной позднего срока созревания / М. И. Иванова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 4. С. 690–700. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-690-700.

Original article

Available online at http://fptt.ru/eng

Quality and Optimal Shelf Life of Late Season Green Cabbage

Maria I. Ivanova, Elena V. Yanchenko*, Aleksey V. Yanchenko, Ivan I. Virchenko

All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing, Vereya, Russia

Received: April 06, 2021

Accepted in revised form: June 25, 2021
Accepted for publication: December 01, 2021

*e-mail: elena_0881@mail.ru

© M.I. Ivanova, E.V. Yanchenko, A.V. Yanchenko, I.I. Virchenko, 2021

Abstract.
Introduction. Green cabbage has a short shelf life. As a result, it becomes scarce by March and April, often due to miscalculated sell-by-date. The research objective was to establish qualitative indicators and optimal shelf life of late season green cabbage.
Study objects and methods. The study featured eleven late season varieties of green cabbage grown in alluvial meadow soil using $N_{150}P_{150}K_{180}$ as fertilizer. The samples (25 cabbage heads) were put in layers into wooden containers with a capacity of 200–250 kg each and stored at 0...+1°C and a relative humidity of 90–95% for 7 months. By the end of storage, the samples were tested for the yield of marketable products, weight loss, diseases, etc.
Results and discussion. The highest yield belonged to Gertsoginya F_1 (80.4%), Kilaton F_1 (78.6%), and Beaumont Agro F_1 (77.7%). The optimal shelf life did not exceed 5–6 months. The yield of commercial products depended on the solid matter content (r = 0.81) and, to a lesser degree, on the average content of ascorbic acid (r = 0.52), monosaccharides (r = 0.55), and nitrates (r = 0.55). The weight loss had a negative mean relationship with the content of solids (r = –0.55), ascorbic acid (r = –0.49), and nitrates (r = –0.59).
Conclusion. The optimal shelf life for most varieties and hybrids of green cabbage proved to be 4–5 months, whereas for Beau Monde Agro F_1, Gertsoginya F_1, Idilliya F_1, and Kilaton F_1, it was 5–6 months. Further research might reveal hybrids with longer shelf life.

Keywords. White cabbage, variety, hybrid, quality, preservation, losses, disease resistance, keeping quality

Funding. The research was performed on the premises of the All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Farming, branch of the Federal Research Center of Vegetable Farming as part of project No. 0595-2019-0069 “New technological scheme for varieties and hybrids of green cabbage”.

For citation: Ivanova MI, Yanchenko EV, Yanchenko AV, Virchenko II. Quality and Optimal Shelf Life of Late Season Green Cabbage. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(4):690–700. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-690-700.

Введение

Растущее в последние годы потребление свежих овощей увеличилось, поэтому возросла потребность рынка в них. Свежие овощи привлекают потребителей и удовлетворяют их стремление к новым натуральным и полезным для здоровья продуктам с минимальной переработкой или отсутствием дополнительной обработки перед употреблением [1].

Капуста белокочанная (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*) используется как сырье для перерабатывающей промышленности, а также в традиционной медицине и в пище. Из-за ее доступности на местных рынках и предпочтений потребителей она является важным источником фитонутриентов в рационе человека. Капуста содержит фитохимические вещества, такие как глюкозинолаты, полифенолы и витамины, а также обладает противораковым, антиоксидантным, противовоспалительным и кардиозащитным эффектом [2–8].

Во всех категориях хозяйств Российской Федерации большая доля производства овощной продукции приходится на капусту белокочанную – самую распространенную из всех разновидностей капусты. Она является главным компонентом в борщевой группе овощей [9, 10].

Однако сохраняется капуста хуже других овощей, поэтому в марте – апреле возникает дефицит ее продукции. Основной причиной, снижающей выход товарной продукции, являются инфекционные болезни, вредоносность которых может превышать 30 %. В большинстве случаев заболеваемость растений капусты белокочанной фитопатогенами происходит в период вегетации, во время уборки и закладки на хранение, а развитие болезней продолжается в течение всего периода хранения. Также поражению фитопатогенами способствуют внесение высоких доз азотных удобрений в период роста растений, неизбежные механические повреждения при обработках, уборке и транспортировке, выращивание восприимчивых к болезням сортов и гибридов капусты белокочанной. Сложный видовой состав, высокая экологическая пластичность и адаптация фитопатогенов к питательному субстрату создают трудности при создании болезнеустойчивых сортов и гибридов капусты белокочанной, диагностике заболеваний и организации защитных мероприятий. Устойчивость капусты к болезням в период хранения определяется сортом или гибридом. Для снижения потерь овощной продукции от болезней в период хранения значение имеет соблюдение и контроль оптимального режима

хранения с учетом групп спелости и физиологического состояния кочанов капусты белокочанной [8, 10].

Высокопродуктивные гибриды капусты белокочанной могут реализовать свой генетический потенциал по продуктивности, качеству и пригодности к длительному хранению только при оптимальном уровне минерального питания [11–13].

Сельхозпроизводители выращивают высокоинтенсивные гибриды зарубежной селекции и применяют самые современные агротехнологии, что обеспечивает высокий уровень урожайности. В России в последние годы созданы новые гибриды капусты белокочанной различных сроков созревания с целью разработки конвейера поступления продукции, не уступающей зарубежной, а даже превосходящей по вкусовым и биохимическим показателям [14]. Однако они недостаточно известны в овощеводческих хозяйствах.

Цель исследования – установить качественные показатели и оптимальный срок лежкости капусты белокочанной позднего срока созревания для дальнейшей разработки технологической схемы конвейера реализации кочанов.

Объекты и методы исследования

Полевые и лабораторные исследования проводили во ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО (N 55º36’ E 38º1’) в 2015–2019 гг. Объектами исследования служили 11 позднеспелых сортов и гибридов капусты белокочанной:

– Бомонд Агро F_1 (ЗАО Агрохолдинг «Поиск», ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», ООО «Селекционная станция имени Н. Н. Тимофеева»);
– Престиж F_1 (ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева);
– Квартет F_1 (ФГБНУ «ВНИИ риса», ООО «Селекционная станция имени Н. Н. Тимофеева»);
– Орион F_1 (ФГБНУ «ВНИИ риса», ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, ООО «Селекционная станция имени Н. Н. Тимофеева»);
– Триумф F_1 (ООО «Селекционная станция имени Н. Н. Тимофеева», ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева);
– Герцогиня F_1 (ЗАО Агрохолдинг «Поиск»);
– Идиллия F_1 (ЗАО Агрохолдинг «Поиск», ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»);
– Килатон F_1 (Syngenta Seeds B.V., Нидерланды);
– Приморочка и Южанка 31 (ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»);
– Дмитровский F_1 (ЗАО Агрохолдинг «Поиск», ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»).

Сорта и гибриды, предназначенные для длительного хранения, выращивали по общепринятой технологии в условиях Нечерноземной зоны РФ.

Почва опытного участка относится к типу аллювиальных луговых насыщенных почв: среднесуглинистая, окультуренная и влагоемкая. Глубина пахотного слоя составляет 27 см, глубина залегания грунтовых вод более 2 м, pH – 5,5–6,1. Содержание гумуса – 3,5–3,8 %, общего азота – 0,19–0,24 %, нитратного азота – 2–2,8 мг/100 г, подвижного фосфора – 17,6–19,1 мг/100 г, обеспеченность калием – 7–8,2 мг/100 г. Агротехника – общепринятая для Нечерноземной зоны РФ, фон – $N_{150}P_{150}K_{180}$.

Погодные условия в годы проведения исследования характеризовались по-разному: вегетационный период 2015 г. отличался теплой и дождливой погодой в мае – июле, теплым и сухим августом, а также обильными дождями в первой декада сентября; вегетационный период 2016 г. отмечен как жаркий и влажный; весна 2017 г. была прохладная, лето теплое, август и сентябрь жаркими; лето 2018 г. было жарким с небольшим количеством осадков; июнь, август и сентябрь 2019 г. были наиболее засушливыми. Дефицит влаги компенсировали дополнительными поливами.

Уборку кочанов проводили в III декаде октября. Срезанные с опытных делянок кочаны соответствовали требованиям ГОСТ 1724-85. Отобранную с опытных делянок объединенную пробу закладывали в хранилище с искусственным охлаждением в деревянные контейнеры емкостью 200–250 кг. В них послойно размещали не менее 25 предварительно взвешенных и маркированных кочанов. Хранение кочанов осуществляли по общепринятым методикам при температуре от 0 до +1 °С и относительной влажности воздуха 90–95 %, согласно ГОСТ 28373-94, без предварительного охлаждения [15, 16]. Повторность опытов по хранению – трехкратная. При уборке кочанов капусты белокочанной в прохладных условиях их можно заложить на хранение без предварительного охлаждения [17, 18]. Для контроля над соблюдением рекомендуемых режимов хранения использовали срочные термометры, психрометры и термографы. В зависимости от сортообразца кочаны опытных партий хранили до 7 месяцев (210 суток). Перед закладкой кочанов на хранение проводили биохимические анализы качества продукции на определение содержания: сухого вещества – термостатно-весовым методом (высушивание при 105 °С); сахаров – по Бертрану; аскорбиновой кислоты – по Мурри; нитратов – ионометрически по методу ЦИНАО.

В конце периода хранения проводили весовой учет показателей сохраняемости кочанов: выход товарной продукции, убыль массы, потери от болезней, в т. ч. по видовому составу. Образцы по лежкости оценивали по балльной шкале: 5 – 75–80 %, 4 – 70–74 %, 3 – 60–69 %. Оценку интенсивности поражения кочанов серой гнилью проводили с использованием балльной шкалы: 0 – поражение отсутствует; 1 – поражено менее 1/8 поверхности кочана; 2 – поражено от 1/8 до 1/4 поверхности кочана; 3 – поражено от 1/4 до 1/2 поверхности

кочана; 4 – поражено от 1/2 до 3/4 поверхности кочана; 5 – поражена вся поверхность кочана. Для учета слизистого бактериоза применяли балльную шкалу: 0 – поражение отсутствует; 1 – поражено до 10 % поверхности кочана; 2 – поражено от 11 до 25 % поверхности кочана; 3 – поражено от 26 до 50 % поверхности кочана; 4 – поражено свыше 50 % поверхности кочана [19]. Суммарные потери массы кочанов капусты от болезней за период хранения при завершении опыта определяли по формуле: $П = А–В/А·100$, где П – потеря массы кочанов, %; А – масса кочанов в начале хранения, кг; В – масса кочанов в конце хранения, кг.

Статистическую обработку проводили методом дисперсионного анализа с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Капуста белокочанная является экономически важным источником пищевых и биологически активных соединений (антиоксидантных и антиканцерогенных). Дисахара распадаются в процессе хранения на моносахара и используются кочанами при дыхании. Вследствие этого образуется энергия для других процессов жизнедеятельности (например, дифференциации точек роста). Сухие вещества включают клетчатку, пектиновые вещества, гемицеллюлозу, углеводы, минеральные вещества и азотистые соединения. Сорта и гибриды с более высоким содержанием сухих веществ и дисахаров хранятся лучше, чем с пониженной концентрацией [2]. Данные биохимического анализа после уборки можно использовать для прогнозирования лежкости кочанов.

Результаты биохимических анализов кочанов после уборки показали, что наибольшее содержание сухого вещества отмечено у гибридов Герцогиня F_1 (12,6 %), Килатон F_1 (12,2 %) и Престиж F_1 (11,5 %) (табл. 1).

Повышенное содержание суммы сахаров отмечено у гибридов Идиллия F_1 (5,54 %), Герцогиня F_1 (5,41 %), Дмитровский F_1 (5,17 %). Высокая концентрация моносахаров у гибридов Герцогиня F_1 (4,22 %) и Дмитровский F_1 (4,22 %).

Наименьшее содержание нитратов отмечено у гибрида Орион F_1 (104 мг/кг), а наибольшее – у Валентина F_1 (484 мг/кг) при ПДК для капусты белокочанной в 500 мг/кг. Норма содержания нитратов установлена в ТР ТС 021/2011.

Наибольшее содержание аскорбиновой кислоты зафиксировано у сортов Квартет F_1 (30,4 мг/100 г), Престиж F_1 (29,3 мг/100 г) и Идиллия F_1 (29,1 мг/100 г).

Сохраняемость кочанов после 7 месяцев хранения: 5 баллов (75–80 %) у гибридов Герцогиня F_1, Килатон F_1, Бомонд Агро F_1, Идиллия F_1, Престиж F_1, Валентина F_1; 4 балла (70–74 %) – Триумф F_1 и Дмитровский F_1; 3 балла (60–69 %) – Квартет F_1 и Орион F_1, сорта Южанка 31 и Приморочка.

В процессе хранения происходит постепенное снижение фитонутриентов в кочанах капусты белокочанной. Расход сахаров в кочанах по истечении 7 месяцев хранения может составлять до 48,8 %, витамина С – до 13,5–25,6 % [9, 10].

В полевых условиях распространенность болезней может достигать 70–80 % от всей популяции растений, а урожайность снижается в ряде случаев на 80–98 % в зависимости от погодных условий и фитосанитарного состояния посевов [20].

Серую гниль капусты вызывает некротрофный несовершенный гриб *Botrytis cinerea* Pers. Серая гниль является вредоносным заболеванием в период

Таблица 1. Биохимические показатели сортообразцов капусты белокочанной во время уборки, среднее за 2015–2019 гг.

Table 1. Biochemical indicators of green cabbage varieties during harvesting, mean for 2015–2019

Сорт, гибрид	Сухое вещество, %	Сахара, %			Нитраты, мг/кг	Аскорбиновая кислота, мг/100 г
		Сумма	Моно-	Ди-		
Бомонд Агро F_1	10,1	4,74	3,64	1,10	329	27,5
Валентина F_1 (контроль)	10,9	3,6	2,95	0,65	484	27,2
Герцогиня F_1	12,6	5,41	4,22	1,19	156	29,0
Дмитровский F_1	10,1	5,17	4,22	0,95	260	28,5
Идиллия F_1	10,8	5,54	4,05	1,49	245	29,1
Квартет F_1	9,2	4,98	3,88	1,10	145	30,4
Килатон F_1	12,2	4,37	3,75	0,62	258	26,0
Орион F_1	10,8	4,36	3,28	1,08	104	27,3
Престиж F_1	11,5	4,65	3,74	0,91	431	29,3
Приморочка	8,8	3,78	2,81	0,97	135	23,2
Триумф F_1	9,8	3,80	3,40	0,40	214	25,4
Южанка 31	9,2	3,70	3,00	0,70	216	24,2

Таблица 2. Выход товарной продукции и потери (% к исходной массе продукции) в период хранения позднеспелых сортообразцов капусты белокочанной с октября по апрель (2015–2019 гг.)

Table 2. Yield of marketable products and losses (% of initial mass) from October to April (2015–2019)

Сорт, гибрид	Выход товарной продукции	Потери				
		Всего	Убыль массы	От болезней	По видам болезней	
					Серая гниль (*Botrytis cinerea*)	Сосудистый бактериоз (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*)
Валентина F_1 (контроль)	75,9	24,1	20,4	3,7	0,5	3,2
Бомонд Агро F_1	77,7	22,3	18,1	4,2	2,0	2,2
Герцогиня F_1	80,4	19,6	19,6	0,0	0,0	0,0
Дмитровский F_1	70,4	29,6	23,2	6,4	1,1	5,3
Идиллия F_1	76,6	23,4	19,4	3,7	0,5	3,2
Квартет F_1	68,3	31,7	23,9	7,8	0,5	7,3
Килатон F_1	78,6	23,2	23,2	0,0	0,0	0,0
Орион F_1	65,6	34,4	24,5	9,9	9,9	0,0
Престиж F_1	76,0	24,0	22,1	1,9	0,0	1,9
Приморочка	60,3	39,7	26,1	13,6	13,6	0,0
Триумф F_1	72,0	28,0	22,3	5,7	5,7	0,0
Южанка 31	64,9	35,1	25,2	9,9	7,9	2,0
$НСР_{05}$	2,9	–	–	–	–	–

хранения кочанов. Иногда в условиях повышенной влажности почвы и атмосферы болезнь развивается в поле [21]. Пораженные растения загнивают и покрываются пепельно-серым пушистым налетом. Эти симптомы появляются на тканях с механическими повреждениями и проникают вглубь кочана [22]. В поле серая гниль развивается на физиологических растрескиваниях [23]. В исследовании отмечено снижение выхода товарной продукции из-за нарастания потерь от болезней. Наибольшие потери от серой гнили отмечены у гибрида Приморочка F_1 – 13,6 %. У гибридов первого поколения Валентина F_1 (контроль), Идиллия F_1 и Квартет F_1 этот показатель составил 0,5 %. Не выявлено признаков болезней на кочане у гибридов Герцогиня F_1 и Килатон F_1 (табл. 2). Отмечено, что в начале хранения кочаны почти не поражаются серой гнилью. Сильное поражение этой болезнью зафиксировано в конце хранения. Устойчивость отдельных листьев в кочане различна: чем ближе расположен лист к верхушечной почке, тем меньше он поражается болезнями.

К наиболее вредоносным заболеваниям относится сосудистый бактериоз капусты, вызываемый *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Pammel) Dowson [24]. Возбудитель сохраняется в семенах, растительных остатках и сорных растениях семейства Капустные. В открытом грунте распространение патогена происходит с дождем, ветром, поливной водой, машинами по уходу за растениями, а при выращивании рассады за счет верхнего полива в теплице. Возбудитель проникает в растение через гидатоды и раны и колонизирует его сосудистую систему, вызывая V-образные хлорозы на периферии листовой пластинки, некрозы жилок листа и кочерыги. Снижается урожай, качество и товарный вид свежей продукции, ухудшается лежкость в период хранения кочанов [25]. Патоген способен снижать урожай капусты до 50 % в условиях теплой и влажной погоды. Также встречаются сообщения о полной гибели урожая [26]. В исследовании сортообразцы капусты белокочанной поражались сосудистым бактериозом в меньшей степени. В среднем потери от него составляли 2,3 %. Абсолютно устойчивыми к патогенам были гибриды Герцогиня F_1 и Килатон F_1, которые не подвергались болезням во время хранения. Потери при хранении обусловлены естественной убылью массы (табл. 2).

Несмотря на температуру 5 °C, ограничивающую рост *X. campestris* pv. *campestris*, увеличение возникновения этого возбудителя после хранения наблюдали и в настоящем исследовании. Это согласуется с данными, полученными в предыдущем исследовании [27].

ГОСТ 28373-94 (ИСО 2167-81) регламентирует срок лежкости кочана капусты белокочанной продолжительностью хранения, в течение которого общие потери составляют не более 15 %.

На рисунке 1 представлена доля выхода товарной продукции и разных видов потерь (от болезней и убыли массы) у сортов и гибридов капусты белокочанной позднего срока созревания. В среднем выход товарной продукции составил 72,2 %. При этом убыль массы отмечена на уровне 22,2 %, а потери от болезней – 5,6 %. Естественное снижение

Рисунок 1. Средняя сохраняемость кочанов позднеспелых сортообразцов капусты белокочанной, (% к исходной массе продукции) в период хранения с октября по апрель (2015–2019 гг.)

Figure 1. Average storage quality of cabbage heads (% to initial mass) from October to April (2015–2019)

массы кочанов капусты при хранении произошло в результате испарения воды и потери растворимых сухих веществ в процессе дыхания. Принято считать, что две трети и более убыли массы плодоовощной продукции при хранении приходится на испарение воды и до одной третьей – на расходование органических веществ.

На кочанах капусты белокочанной начало проявления болезни определяется ее видовой принадлежностью и этиологией, а степень нарастания потерь – характеристикой лежкоспособности образца, устойчивостью к конкретной болезни и сезонным сроком хранения.

Корреляционный анализ показал, что выход товарной продукции положительно тесно связан с содержанием сухого вещества в кочанах (r = 0,81), положительно средне – с содержанием аскорбиновой кислоты (r = 0,52), моносахаров (r = 0,55) и нитратов (r = 0,55). Убыль массы имела отрицательную среднюю связь с содержанием сухого вещества (r = –0,55), аскорбиновой кислоты (r = –0,49) и нитратов (r = –0,59) (табл. 3).

Таблица 3. Корреляционная зависимость между сохраняемостью различных позднеспелых сортов и гибридов капусты белокочанной и биохимическим составом кочанов в период уборки

Table 3. Effect of biochemical composition of cabbage variety during harvesting on storage quality

Показатели сохраняемости	Коэффициент корреляции (r)					
	Сухое вещество	Аскорбиновая кислота	Сумма сахаров	Моносахара	Дисахара	Нитраты
Выход товарной продукции	0,81	0,52	0,42	0,55	0,06	0,55
Убыль массы	–0,55	–0,49	–0,33	–0,35	–0,20	–0,59
Потери от болезней, в т. ч.:	–0,85	–0,51	–0,46	–0,62	–0,02	–0,48
серая гниль	–0,57	–0,76	–0,63	–0,76	–0,19	–0,49
сосудистый бактериоз	–0,38	0,59	0,43	0,40	0,33	0,12

Таблица 4. Уравнения регрессии общих потерь при хранении капусты белокочанной

Table 4. Total losses during storage: regression equations

Сорт, гибрид	Уравнение регрессии общих потерь (y)	Критерий существенности	Срок лежкости, не менее мес. (x)
Валентина F_1 (контроль)	$y = 0,1725x^3 – 1,2057x^2 + 3,8396x – 2,9217$	0,9994	5
Бомонд Агро F_1	$y = 0,3188x^3 – 2,9146x^2 + 8,8367x – 6,688$	0,9859	5
Герцогиня F_1	$y = 0,078x^4 – 0,9874x^3 + 4,3667x^2 – 6,6251x + 3,2429$	0,998	5
Дмитровский F_1	$y = 0,2144x^3 – 1,4826x^2 + 4,583x – 3,448$	0,9995	4
Идиллия F_1	$y = 0,1098x^4 – 1,4316x^3 + 6,515x^2 – 10,58x + 5,4664$	0,9985	5
Квартет F_1	$y = 0,231x^3 – 1,5887x^2 + 4,8404x – 3,621$	0,9995	4
КилатонF_1	$y = 0,0931x^4 – 1,1913x^3 + 5,2801x^2 – 8,0262x + 3,8871$	0,9992	5
Орион F_1	$y = 0,2526x^3 – 1,7253x^2 + 5,1498x – 3,8207$	0,9995	4
Престиж F_1	$y = 0,1693x^3 – 1,199x^2 + 3,9515x – 3,0447$	0,9993	5
Приморочка	$y = 0,1389x^3 – 0,2189x^2 + 1,9737x – 1,8903$	0,9995	3
Триумф F_1	$y = 0,2024x^3 – 1,4021x^2 + 4,3606x – 3,2884$	0,9995	4
Южанка 31	$y = 0,2575x^3 – 1,7602x^2 + 5,269x – 3,9137$	0,9995	4

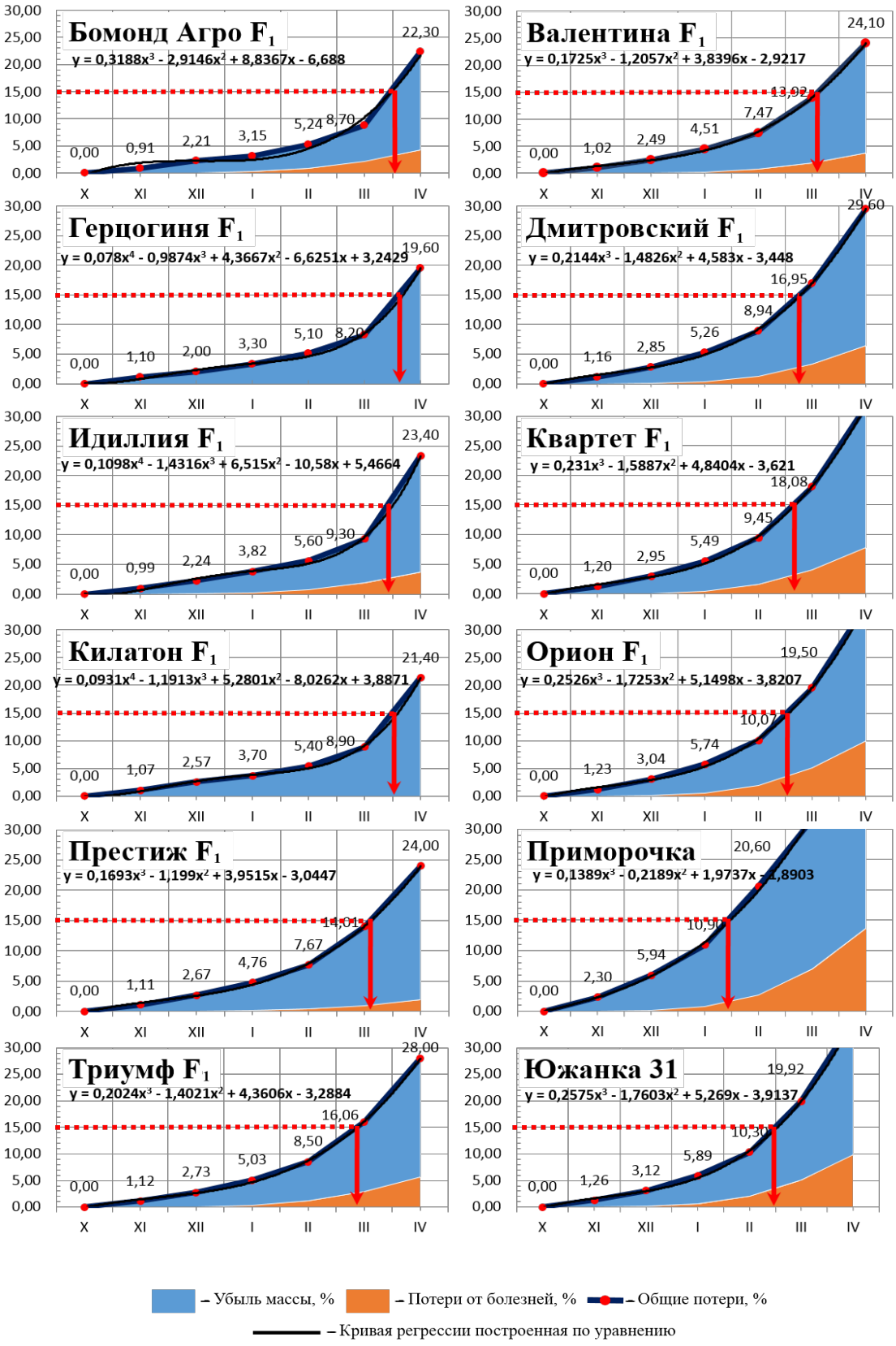

Рисунок 2. Общие потери при хранении кочанов различных сортов и гибридов капусты белокочанной позднего срока созревания, % (2015–2019 гг.)

Figure 2. Total losses during storage according to variety, % (2015–2019)

Выявлена зависимость проявления отдельных видов болезней от биохимических показателей качества кочанов: серая гниль – отрицательная тесная связь между содержанием аскорбиновой кислоты (r = –0,76) и моносахаров (r = –0,76), отрицательная средняя связь с сухим веществом (r = –0,57), суммой сахаров (r = –0,63) и нитратов (r = –0,49); сосудистый бактериоз – положительная средняя связь с содержанием аскорбиновой кислоты (r = 0,59), суммы сахаров (r = 0,43) и моносахаров (r = 0,40).

Для установления рациональных сроков хранения и реализации в торговой сети кочанов капусты белокочанной позднего срока созревания руководствовались сроком лежкости, определяемым продолжительностью хранения, в течение которого общие потери (от естественной убыли массы и порчи кочанов) составляют не более 15 %. Путем ежемесячного контроля над качеством хранимой продукции и весового учета потерь от болезней по их видовому составу построены графики криволинейной регрессии и определены уравнения регрессии для их расчета (табл. 4). Они наглядно позволяют определить оптимальные сроки реализации продукции кочанов современных сортов и гибридов позднеспелой капусты белокочанной (рис. 2).

Установлено, что рентабельное хранение гибридов Бомонд Агро F_1, Герцогиня F_1, Идиллия F_1 и Килатон F_1 возможно до конца марта – начало апреля (общие потери составляли 19–23 %); сортообразцы Престиж F_1, Триумф F_1, Валентина F_1, Дмитровский F_1, Квартет F_1 и Орион F_1 возможно хранить до конца марта (потери в этот период не более 20 %); сорта Приморочка и Южанка 31 – только до января – февраля. При преодолении 15 % порога общих потерь экономическая рентабельность хранения начинает быстро снижаться.

Следует отметить, что современные позднеспелые гибриды капусты белокочанной превосходят сорта по выровненности и устойчивости к болезням в процессе зимнего хранения. Это сказалось на оптимальных сроках хранения позднеспелой капусты белокочанной.

Выводы

Бесперебойное снабжение населения капустой белокочанной в течение круглого года возможно при организации длительного хранения. При выращивании капусты белокочанной на аллювиальных луговых почвах Замоскворецкой поймы длительное хранение кочанов с минимальными потерями возможно при соблюдении технологии закладки и хранения продукции с учетом биологических особенностей культуры и сроков лежкости конкретных сортов и гибридов. По всем изученным сортообразцам выход товарной продукции составил 72,2 %, убыль массы – 22,2 %, потери от болезней – 5,6 %, в т. ч. от сосудистого бактериоза (2,3 %) и серой гнили (4,1 %). Выход товарной продукции положительно тесно связан с содержанием сухого вещества в кочанах (r = 0,81), положительно средне – с содержанием аскорбиновой кислоты (r = 0,52), моносахаров (r = 0,55) и нитратов (r = 0,55). Отечественные гибриды интенсивного типа (Герцогиня F_1, Бомонд Агро F_1, Идиллия F_1) не уступают зарубежным по сохраняемости. Абсолютно устойчивы к патогенам гибриды Герцогиня F_1 и Килатон F_1, которые не подвергались болезням во время хранения. Потери при хранении обусловлены исключительно естественной убылью массы. Оптимальный срок хранения для большинства сортов и гибридов капусты белокочанной – 4–5 месяца. Рентабельное хранение кочанов гибридов Бомонд Агро F_1, Герцогиня F_1, Идиллия F_1 и Килатон F_1 возможно до конца марта – начало апреля.

Критерии авторства

М. И. Иванова руководила проектом и внесла существенный вклад в разработку концепции работы. Е. В. Янченко, А. В. Янченко, И. И. Вирченко занимались сбором, анализом, интерпретацией полученных данных и написанием статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

M.I. Ivanova supervised the project and developed the research concept. E.V. Yanchenko, A.V. Yanchenko, and I.I. Virchenko collected, analyzed, and interpreted the data, as well as contributed to the content of the article.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Список литературы

1. Овощи в системе обеспечения продовольственной безопасности России / А. В. Солдатенко [и др.] // Овощи России. 2019. Т. 46. № 2. С. 9–15. https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-9-15.

2. Physicochemical quality changes in Chinese cabbage with storage period and temperature: A review / J.-Y. Shim [et al.] // Journal of Biosystems Engineering. 2016. Vol. 41. № 4. P. 373–388. https://doi.org/10.5307/JBE.2016.41.4.373.

3. Quantitative analysis of glucosinolate content in Chinese cabbages under different storage conditions / D.-G. Kim [et al.] // Journal of Biosystems Engineering. 2020. Vol. 45. № 2. P. 57–64. https://doi.org/10.1007/s42853-020-00044-z.

4. Statistical modeling for estimating glucosinolate content in Chinese cabbage by growth conditions / D.-G. Kim [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2018. Vol. 98. № 9. P. 3580–3587. https://doi.org/10.1002/jsfa.8874.

5. Effect of cold storage on the contents of glucosinolates in Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. Ssp. Pekinensis) / D. S. Lee [et al.] // South Indian Journal of Biological Sciences. 2015. Vol. 1. P. 38–42.

6. Effect of CPPU on postharvest attributes of Chinese flowering cabbage during storage / F. Li [et al.] // Postharvest Biology and Technology. 2021. Vol. 174. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111438.

7. Šamec D., Pavlović I., Salopek-Sondi B. White cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*): botanical, phytochemical and pharmacological overview // Phytochemistry Reviews. 2017. Vol. 16. № 1. P. 117–135. https://doi.org/10.1007/s11101-016-9454-4.

8. Монахос Г. Ф., Во Тхи Н. Х., Джалилов Ф. С.-У. Проявление симптомов сосудистого бактериоза у капустных растений с различными генами устойчивости в зависимости от концентрации инокулюма *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2015. № 1. С. 26–34.

9. Вирченко И. И., Янченко Е. В. Результаты сортоиспытания среднепоздних сортов и гибридов капусты белокочанной и их лежкоспособность // Картофель и овощи. 2021. № 1. С. 21–24. https://doi.org/10.25630/PAV.2021.57.43.001.

10. Биологические и технологические аспекты хранения овощей и плодов / В. А. Борисов [и др.]. М.: РГАУ – МСХА, 2019. 232 с.

11. Кузнецова Т. А., Кашнова Е. В. Влияние удобрений на сохраняемость капусты белокочанной в условиях Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. Т. 171. № 1. С. 15–20.

12. Влияние макро- и микроэлементов на урожайность и качество капусты белокочанной в условиях Лесостепи Западной Сибири / Н. В. Гоман [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2019. Т. 146. № 5. С. 9–15.

13. Королева С. В., Дякунчак С. А., Юрченко С. А. Создание гибридов F_1 капусты белокочанной с комплексной устойчивостью на юге России // Овощи России. 2019. Т. 48. № 4. С. 16–20. https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-4-16-20.

14. Продуктивности, качество и сохраняемость сортов и гибридов капусты белокочанной разных групп спелости / А. Р. Бебрис [и др.] // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2020. Т. 29. С. 95–100. https://doi.org/10.30679/2587-9847-2020-29-95-100.

15. Методические указания по проведению научно-исследовательских работ по хранению овощей. М.: ВАСХНИЛ, 1982. 34 с.

16. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, 2011. 648 с.

17. Tůma R., Goliáš J. Half-cooling time of cabbage stored in a refrigerated room // Horticultural Science. 2020. Vol. 47. № 2. P. 93–99. https://doi.org/10.17221/136/2018-HORTSCI.

18. Geeson J. D., Browne K. M. Controlled atmosphere storage of winter white cabbage // Annals of Applied Biology. 1980. Vol. 95. № 2. P. 267–272. https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1980.tb04746.x.

19. Методы диагностики возбудителей заболеваний овощных культур / Д. З. Богоутдинов [и др.]. М.: Росинформагротех, 2020. 116 с.

20. Инфекционные болезни растений: этиология, современное состояние, проблемы и перспективы защиты растений / П. А. Назаров [и др.] // Acta Naturae. 2020. Т. 12. № 3. С. 46–59. https://doi.org/10.32607/actanaturae.11026.

21. Increased phenylalanine levels in plant leaves reduces susceptibility to *Botrytis cinerea* / M. Oliva [et al.] // Plant Science. 2020. Vol. 290. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110289.

22. Regulation of conidiation in *Botrytis cinerea* involves the light-responsive transcriptional regulators BcLTF3 and BcREG1 / B. Brandhoff [et al.] // Current Genetics. 2017. Vol. 63. № 5. P. 931–949. https://doi.org/10.1007/s00294-017-0692-9.

23. Lignin-based barrier restricts pathogens to the infection site and confers resistance in plants / M.-H. Lee [et al.] // EMBO Journal. 2019. Vol. 38. № 23. https://doi.org/10.15252/embj.2019101948.

24. Vicente J. G., Holub E. B. *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (cause of black rot of crucifers) in the genomic era is still a worldwide threat to brassica crops // Molecular Plant Pathology. 2013. Vol. 14. № 1. P. 2–18. https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2012.00833.x.

25. Орынбаев А. Т., Джалилов Ф. С.-У., Монахос Г. Ф. Методы оценки и характер наследования стеблевой устойчивости к сосудистому бактериозу у белокочанной капусты // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 1. С. 45–55.

26. Colonization of siliques and seeds of rapid cycling *Brassica oleracea* plants by *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* after spray-inoculation of flower clusters / J. van der Wolf [et al.] // European Journal of Plant Pathology. 2019. Vol. 154. № 2. P. 445–461. https://doi.org/10.1007/s10658-019-01668-4.

27. The change of bacterial spectrum after storage of *X. campestris* pv. *campestris* inoculated cabbage heads (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) / L. Ragasová [et al.] // Agronomy. 2020. Vol. 10. № 3. https://doi.org/10.3390/agronomy10030443.

References

1. Soldatenko AV, Razin AF, Pivovarov VF, Shatilov MV, Ivanova MI, Rossinskaya OV, et al. Vegetables in the system of ensuring food security of Russia. Vegetable Crops of Russia. 2019;46(2):9–15. (In Russ.). https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-2-9-15.

2. Shim J-Y, Kim D-G, Park J-T, Kandpal LM, Hong S, Cho B-K, et al. Physicochemical quality changes in Chinese cabbage with storage period and temperature: A review. Journal of Biosystems Engineering. 2016;41(4):373–388. https://doi.org/10.5307/JBE.2016.41.4.373.

3. Kim D-G, Park K, Park J-T, Lee W-H. Quantitative analysis of glucosinolate content in Chinese cabbages under different storage conditions. Journal of Biosystems Engineering. 2020;45(2):57–64. https://doi.org/10.1007/s42853-020-00044-z.

4. Kim D-G, Shim J-Y, Ko M-J, Chung S-O, Chowdhury M, Lee W-H. Statistical modeling for estimating glucosinolate content in Chinese cabbage by growth conditions. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2018;98(9):3580–3587. https://doi.org/10.1002/jsfa.8874.

5. Lee DS, Jeon DS, Park SG, Arasu MV, Al-Dhabi NA, Kim SC, et al. Effect of cold storage on the contents of glucosinolates in Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. Ssp. Pekinensis). South Indian Journal of Biological Sciences. 2015;1:38–42.

6. Li F, Huang H, Ding X, Liu J, He M, Shan Y, et al. Effect of CPPU on postharvest attributes of Chinese flowering cabbage during storage. Postharvest Biology and Technology. 2021;174. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111438.

7. Šamec D, Pavlović I, Salopek-Sondi B. White cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*): botanical, phytochemical and pharmacological overview. Phytochemistry Reviews. 2017;16(1):117–135. https://doi.org/10.1007/s11101-016-9454-4.

8. Monakhos GF, Vo Thi NH, Dzhalilov FS-U. Plant reaction to various inoculum concentrations of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in black rot resistant brassicas. Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2015;(1):26–34. (In Russ.).

9. Virchenko II, Yanchenko EV. Results of variety testing of medium-late varieties and hybrids of white cabbage and their keeping capacity. Potato and Vegetables. 2021;(1):21–24. (In Russ.). https://doi.org/10.25630/PAV.2021.57.43.001.

10. Borisov VA, Maslovskiy SA, Soldatenko AV, Zamyatina ME. Biologicheskie i tekhnologicheskie aspekty khraneniya ovoshchey i plodov [Biological and technological aspects of storage of vegetables and fruits]. Moscow: RGAU – MAA; 2019. 232 p. (In Russ.).

11. Kuznetsova TA, Kashnova YeV. The influence of fertilizers on storage life of white cabbage under the conditions of West Siberia. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2019;171(1):15–20. (In Russ.).

12. Goman NB, Voronkova NA, Volkova VA, Tsyganova NA. The influence of macro- and micronutrients on the yield and quality of white cabbage in the conditions of forest-steppe of Western Siberia. Bulletin of KSAU. 2019;146(5):9–15. (In Russ.).

13. Koroleva SV, Dyakunchak SA, Yurchenko SA. Development of F_1 hybrids of cabbage with complex resistance in the south of Russia. Vegetable Crops of Russia. 2019;48(4):16–20. (In Russ.). https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-4-16-20.

14. Bebris AR, Virchenko II, Yanchenko EV, Yanchenko AV. Productivity, quality and preservation of varieties and hybrids of white cabbage of different groups of ripeness. Nauchnye trudy Severo-Kavkazskogo federal′nogo nauchnogo tsentra sadovodstva, vinogradarstva, vinodeliya [Scientific works of the North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, and Winemaking]. 2020;29:95–100. (In Russ.). https://doi.org/10.30679/2587-9847-2020-29-95-100.

15. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu nauchno-issledovatel′skikh rabot po khraneniyu ovoshchey [Methodical instructions for research on the storage of vegetables]. Moscow: VASKHNIL; 1982. 34 p. (In Russ.).

16. Litvinov SS. Metodika polevogo opyta v ovoshchevodstve [Field experiments in vegetable farming]. Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing; 2011. 648 p. (In Russ.).

17. Tůma R, Goliáš J. Half-cooling time of cabbage stored in a refrigerated room. Horticultural Science. 2020;47(2):93–99. https://doi.org/10.17221/136/2018-HORTSCI.

18. Geeson JD, Browne KM. Controlled atmosphere storage of winter white cabbage. Annals of Applied Biology. 1980;95(2):267–272. https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1980.tb04746.x.

19. Bogoutdinov DZ, Fominykh TS, Kastal′eva TB, Girsova NV, Pavlovskaya NE, Gagarina IV, et al. Metody diagnostiki vozbuditeley zabolevaniy ovoshchnykh kul′tur [Diagnosing causative agents of diseases of vegetables]. Moscow: Rosinformagrotekh; 2020. 116 p. (In Russ.).

20. Nazarov PA, Baleev DN, Ivanova MI, Sokolova LM, Karakozova MV. Infectious plant diseases: Etiology, current status, problems and prospects in plant protection. Acta Naturae. 2020;12(3):46–59. (In Russ.). https://doi.org/10.32607/actanaturae.11026.

21. Oliva M, Hatan E, Kumar V, Galsurker O, Nisim-Levi A, Ovadia R, et al. Increased phenylalanine levels in plant leaves reduces susceptibility to *Botrytis cinerea*. Plant Science. 2020;290. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110289.

22. Brandhoff B, Simon A, Dornieden A, Schumacher J. Regulation of conidiation in *Botrytis cinerea* involves the light-responsive transcriptional regulators BcLTF3 and BcREG1. Current Genetics. 2017;63(5):931–949. https://doi.org/10.1007/s00294-017-0692-9.

23. Lee M-H, Jeon HS, Kim SH, Chung JH, Roppolo D, Lee H-J, et al. Lignin-based barrier restricts pathogens to the infection site and confers resistance in plants. EMBO Journal. 2019;38(23). https://doi.org/10.15252/embj.2019101948.

24. Vicente JG, Holub EB. *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (cause of black rot of crucifers) in the genomic era is still a worldwide threat to brassica crops. Molecular Plant Pathology. 2013;14(1):2–18. https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2012.00833.x.

25. Orynbayev AT, Dzhalilov FS-U, Monakhos GF. Evaluation methods and inheritance pattern of stem resistance to black rot in white cabbage. Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2019;(1):45–55. (In Russ.).

26. van der Wolf J, Kastelein P, da Silva Júnior TAF, Lelis FV, van der Zouwen P. Colonization of siliques and seeds of rapid cycling *Brassica oleracea* plants by *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* after spray-inoculation of flower clusters. European Journal of Plant Pathology. 2019;154(2):445–461. https://doi.org/10.1007/s10658-019-01668-4.

27. Ragasová L, Peňázová E, Gazdík F, Pečenka J, Čechová J, Pokluda R, et al. The change of bacterial spectrum after storage of *X. campestris* pv. *campestris* inoculated cabbage heads (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.). Agronomy. 2020;10(3). https://doi.org/10.3390/agronomy10030443.