

Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің Ғылым жаршысы: пәнаралық = Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета имени Сакена Сейфуллина: междисциплинарный. – Астана: С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 2025. - № 2 (125). - Р. 54-74. - ISSN 2710-3757, ISSN 2079-939X

doi.org/ 10.51452/kazatu.2025.2(125).1882

УДК 635. 21.631:527 (574.51)

Исследовательская статья

Сравнительная оценка новых сортов и селекционных образцов картофеля с пигментированной мякотью клубней в условиях Костанайской области

Хасанов В.Т.¹ , Екатеринская Е.М.² , Сидорик А.И.³ , Удовичский А.С.¹ ,
Рогозина Е.В.⁴ , Семейкин В.И.⁵ 

¹Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина
Астана, Казахстан,

²Костанайский инженерно-экономический университет им. М.Дулатова
Костанай, Казахстан,

³ТОО «Олжа Агро», Костанай, Казахстан,

⁴ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических
ресурсов растений им. Н.И.Вавилова», Санкт-Петербург, Россия,

⁵КХ «Тэрра», Костанай, Казахстан

Автор-корреспондент: Екатеринская Е.М.: katjazul83@mail.ru

Соавторы: (1: BX) vadim_kazgatu@mail.ru; (2: AC) alexandrsidorik@mail.ru;
(3: AY) udovitskiy41@mail.ru, (4: EP) rogozinaelena@gmail.com; (5: BC) semeikinw@mail.ru

Получено: 01-04-2025 **Принято:** 10-06-2025 **Опубликовано:** 30-06-2025

Аннотация

Предпосылки и цель. В данной статье представлены результаты сортоиспытания отечественного и зарубежного селекционного материала картофеля в картофелеводческом хозяйстве Костанайской области КХ «Тэрра». Создание безвирусной коллекции, наработка посадочного материала в целом может послужить успешным стартом для внедрения цветного картофеля в селекцию и первичное семеноводство картофеля Казахстана и стать готовым решением для последующей коммерциализации. Цель исследований: дать оценку сортов и гибридов картофеля с пигментированной мякотью клубней отечественной и зарубежной селекции в условиях Костанайской области и выделить перспективные образцы картофеля.

Материалы и методы. Приведены фенологические наблюдения, поражённость вирусами, учет и структура урожайности, содержание крахмала, сухого вещества и витамина С за 2024 год.

Результаты. Высокие показатели урожайности установлены: у сорта картофеля Colomba 57 т/га и селекционного образца 18-7-1 – 54 т/га. Селекционный образец Олюшка с урожайностью 32,4 т/га превышал сорт с окрашенной мякотью Рэд Роуз (St) на 4,6 т/га, но уступал сорту Киру (St) на 2,1 т/га. Сорта с фиолетовой мякотью клубней Black Beauty и Xisen 8 имели наименьшую урожайность – 17,0 т/га и 16,1 т/га соответственно, достоверно уступая сортам стандартам в своих группах спелости – Gala (49,9 т/га) и Рэд Роуз (27,8 т/га). Сорта картофеля Киру, Black Beauty, Gala, Colomba, Xisen 1, Xisen 6 и селекционные образцы 18-7-1 и Олюшка, характеризовались высокой товарностью (99-100%) и минимальным образованием отходов. Наибольшее количество крахмала показали образцы с окрашенной мякотью клубней Травник -17,71% и 18-7-1 - 17,46%. Селекционные образцы: Олюшка, Танюша и сорта: Black Beauty, Xisen 6, Xisen 1, Gala содержат наименьшее количество крахмала: 9,88-12,73%.

Закключение. Сорт Xisen 1 и селекционный образец Олюшка в почвенно-климатических условиях 2024 года Костанайской области по комплексу показателей: продуктивности и товарности клубней, содержанию витамина С и низкому содержанию крахмала являлись наиболее перспективными. Селекционные образцы Травник и 18-7-1 отличались высоким содержанием сухого вещества и крахмала.

Ключевые слова: картофель; сорт; селекционный образец; клубни; пигментированная мякоть; крахмал.

Введение

Последнее десятилетие в мире интерес потребителей к картофелю с красной и фиолетовой мякотью клубней увеличился по причине привлекательного внешнего вида и вследствие высокого содержания антиоксидантов [1, 2]. Для улучшения качества жизни и здорового питания картофель является одним из основных источников естественных антиоксидантов, принадлежащих к группе флавоноидов, способствующих нейтрализации свободных радикалов в организме человека и укреплению иммунной системы [3, 4]. Уникальный цвет мякоти картофеля предоставляет возможность разнообразить ассортимент продуктов (окрашенные фри, фрэши, сублимированный, хрустящий картофель, пюре), кроме того, он может служить естественным красителем для пищевой и химической промышленности, заменяя не всегда безопасные синтетические альтернативы [5]. Цветной картофель может использоваться в сыром и переработанном виде, а также подвергаться глубокой переработке для извлечения востребованных на мировом рынке веществ, таких как антиоксиданты, витамины, крахмал и другие важные биохимические показатели. В мире лидерами по выращиванию картофеля с пигментированной мякотью клубней являются Япония, Южная Америка, Китай [6]. Созданием картофеля с повышенной антиоксидантной активностью занимаются учёные Федерального исследовательского центра картофеля имени А.Г. Лорха [7], Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (далее - ВИР им. Н.И. Вавилова) [8], Уральского федерального аграрного научно-исследовательского центра [9], учёные Беларуси [10].

В настоящее время в реестре селекционных достижений Республики Казахстан к использованию в Алматинской области рекомендован сорт картофеля южнокорейской селекции с фиолетовой мякотью клубней Бора Валлей. Учёными Костанайского научно-исследовательского института сельского хозяйства, ВИР им. Н.И. Вавилова и Казахского научно-исследовательского института плодовоовощеводства выведен сорт с окрашенной мякотью Киру, допущенный к возделыванию в Акмолинской и Костанайской областях [11]. Несмотря на дополнительные питательные и визуальные качества высокого спроса на цветной картофель в Казахстане не отмечено по причине отсутствия широкого ассортимента сортов, рекламирования их полезных свойств и, как следствие, продвижения продукции на внутреннем рынке страны.

Одной из ключевых задач в селекции цветного картофеля является отбор сортообразцов, которые проявляют высокую лежкоспособность и антиоксидантную активность [12, 13, 14]. В этой связи, при подборе сортов в экстремальных условиях Северного Казахстана важно изучение способности клубневого материала картофеля к длительному хранению и содержания ценных биохимических показателей.

В связи с вегетативным размножением картофель сильно инфицируется вирусами. Уровень ущерба, вызванного вирусной инфекцией, может колебаться от 15 до 95% [15]. В соответствии с литературными данными, PVX и PVY способны причинить ущерб до 25% и 90% соответственно [16]. Один из эффективных методов защиты картофеля от вирусных болезней – отбор сортов, обладающих генами вирусоустойчивости, что является не менее важной задачей в селекции и сортоиспытании картофеля [17].

Кроме вирусов цветной картофель активно поражается грибными и грибоподобными патогенами, наиболее распространенными и вредоносными из которых являются: фитофтороз (*Phytophthora infestans* Mont. de Bary), альтернариоз (*Alternaria* spp.), фузариоз (*Fusarium* spp.). Потери урожая картофеля от фитофтороза достигают 50-60%, от фузариоза в период хранения - 15-20%, от альтернариоза - 40% и более [18, 19].

Получение продукции от диетических сортов необходимо рассматривать в комплексе мероприятий, которые позволяют отказаться от применения химических удобрений и средств защиты растений путём замены их на другие удобрения и средства защиты, способствующие получению органической продукции [20].

Успешная адаптация и внедрение в производство генотипов цветного картофеля в суровых климатических условиях Северного Казахстана и оценка их антиоксидантной активности

повысит спрос на полезный диетический клубнеплод и его потенциальную популярность среди жителей, разнообразит рацион питания казахстанцев здоровой органической продукцией.

Отличием и одним из преимуществ данного исследования является проведение экологического сортоиспытания коллекции цветного картофеля отечественной и зарубежной селекции в условиях Северного Казахстана с использованием биологического подхода для сохранения и размножения органической продукции.

Экологически чистая картофельная продукция удовлетворит социальный спрос, способствуя здоровому питанию, снижению химической нагрузки и повышению экологической безопасности страны.

Задачи исследований: сравнить фенологию, структуру урожая, лёжкость, содержание крахмала, сухого вещества и аскорбиновой кислоты в клубнях в зависимости от сорта и гибрида картофеля с различной окраской мякоти клубней и группой спелости.

Материалы и методы

Исследования проводились в КХ «Тэрра» Костанайской области Костанайского района в 2024 году, в условиях орошаемого земледелия в специализированном севообороте: чистый пар - занятый пар (сидеральный) - картофель. Предшественник - занятый пар. Почва опытного участка - чернозём южный. Механический состав почв - легкий и средний суглинок. По данным 2024 года обеспеченность нитратным азотом (N-NO₃ по Тюрину - Кононовой) в слое 0-20 см установлена низкая (7,9-20,9%). По содержанию подвижного фосфора и калия в почве (по Мачигину), следует отметить, повышенный уровень обеспеченности P₂O₅ 127,2 мг/кг и калия высокая 388,6 мг/кг. Содержание подвижной серы - среднее (13,28-31,22 мг/кг). Реакция почвенного раствора слабощелочная (7,53). Почвы имели обеспеченность гумусом -3,37%.

В сравнении с многолетней нормой 2024 год был чрезвычайно влажным. За 2024 год выпало 383,1 мм осадков, что составило 112,7% от многолетней нормы. Из-за весенних паводков почва опытного участка долго не просыхала, поэтому полевые работы в 2024 году начаты в более поздние сроки – II-III декада мая. Осадков выпало в июне - 51,8 мм, июле - 56,0 мм и августе - 71,3 мм, в сравнении с многолетними данными, больше нормы в 1,5-2 раза. Что касается среднесуточной температуры воздуха, то здесь стоит отметить, что в тёплый период 2024 года апрель был теплее и вдвое превышал среднемноголетние нормы. С мая по сентябрь температура воздуха была близка к среднемноголетним значениям. Весной при достижении почвой физической спелости проведено рыхление на глубину 18 см фрезой с прикатыванием и последующей нарезкой гребней гребнеобразователем GRIMME GF 400 перед посадкой. Клубни раскладывались в рыхлые гребни, затем засыпали их тяпками на глубину 6-8 см.

Сроки посадки III декада мая. Схема посадки 75×30 см. Делянка в опыте включала 1 рядок из 12 клубней (10 учётных). Расположение делянок систематическое. Повторность опыта 4-х кратная. Повторности в опыте были разделены дорожкой в 1 м. Площадь экспериментального участка - 155 м². Для посадки были допущены соответствующие стандарту семенные клубни.

В опыте испытывались сорта и селекционные образцы картофеля разных групп спелости: раннеспелые - Gala (Гала) (Германия), Colomba (Коломба) (Голландия), Black Beauty и селекционный образец 18-7-1 (сорт ♀ Гранола × ♂ межвидовой гибрид 32-03, Казахстан-Россия); среднеспелые - Рэд Роуз (♀9304 × ♂ Favorit, Казахстан-Китай), Xisen 1, Xisen 6, Xisen 8 (все три сорта - Китай) и селекционный образец Олюшка возникший в результате спонтанного мутагенеза селекционного образца Танюша; позднеспелые - сорт Киру, выведенный от сеянца сорта Степан; селекционный образец Травник (селекционный номер 6-9-18), также происходит от сорта Степан; селекционный образец Танюша, возникший в результате спонтанного мутагенеза селекционного образца Травник.

За стандарт были приняты три сорта разного срока созревания раннеспелый сорт с желтой мякотью клубней Gala, среднеспелый сорт с красной мякотью клубней Рэд Роуз и позднеспелый сорт с фиолетовой мякотью Киру.

Уход за картофелем, заключался в однократном окучивании растений гребнеобразователем GRIMME GF 400.

Отмечены даты всходов, бутонизации, цветения и опадения бутонов, отмирания ботвы. В период начала цветения и опадения бутонов определены высота растений и количество основных стеблей, подсчитано количество больных растений, которые были отмечены колышками.

В конце первой декады августа проводили обработку биопрепаратом Biopesticide с нормой расхода 0,3 л/га. На 6-ой день после обработки проведён учёт поражённости растений картофеля. Учёт поражённости кустов картофеля проводили, как на обрабатываемых фунгицидами, так и на необрабатываемых (контрольных) делянках.

В условиях 2024 года во время вегетации выпали обильные осадки, что привело к массовому проявлению фитофтороза в конце II декады августа и до конца отследить фазу начала отмирания ботвы не представилось возможным. Только селекционный образец 18-7-1 проявил устойчивость и его вегетационный период составил - 69 дней, что на 10 дней пре-вышло сорт Рэд Роуз.

Уборка урожая проводилась в конце I декады сентября. Вегетационный период составил у раннеспелых сортов - 63-69 дней, у среднеспелых сортов - 59-76 дней и позднеспелых - 63-73 дня.

Объединённые пробы с 10 кустов каждой повторности разделены на фракции по наибольшему поперечному сечению клубней >70 мм, 50-70 мм, 30-50 мм, <30 мм. Отобраны и учтены клубни, поражённые фитофторозом, сухой гнилью, паршой, ризоктониозом, бактериозами, растрескиванием и т.д. Определена общая и товарная урожайность, процент товарных клубней по массе.

Биохимический состав клубней оценён через один и через два месяца после сбора урожая. Для анализа формировали выборку непосредственно в поле, отбирая по одному типичному клубню (массой 50-90 г) с 10 хорошо развитых растений. Из отобранных для анализа клубней формировали объединённую пробу, которую хранили при температуре от +2 °C до +4 °C до проведения биохимического анализа. Содержание сухих веществ определяли гравиметрическим методом; крахмала – поляриметрическим методом по Эверсу (в декабре), используя автоматический поляриметр/сахариметр SAC-I (Япония); аскорбиновой кислоты – методом прямого извлечения из растений 1% соляной кислотой с последующим титрованием с помощью 2,6-дихлориндофинола (реактив Тильманса) [21].

Статистический анализ и визуализацию полученных результатов проводили с использованием свободной программной среды вычислений R [22]. В электронных таблицах Microsoft Office Excel, а также с использованием программы STATISTICA (разработчик - StatSoft. Inc) по *Р.Р. Усманову, А.Г. Сыса и Е.П. Живицкая* [23, 24].

Результаты и обсуждение

В 2024 году в КХ «Тэрра» Костанайской области были заложены опыты по испытанию сортов картофеля с окрашенной мякотью клубней отечественной и зарубежной селекции, перспективные для повышения питательной ценности картофеля потребляемого населением Северного Казахстана.

Сорт Gala, селекционный образец 18-7-1 и цветные генотипы картофеля Xisen 6, Рэд Роуз, Олюшка, Травник имели полноту всходов - 100% (таблица 1). Низкую всхожесть продемонстрировали сорта цветного картофеля: Xisen 1 - 35% и Xisen 8-43%. Первые всходы появились на 7 дней раньше у образцов: Xisen 6, Gala, Colomba, 18-7-1, у образцов с окрашенной мякотью клубней: Рэд Роуз, Олюшка, Танюша, Травник. Позднее всех появились всходы у сорта Xisen 1. Период полных всходов приходился на конец I и начало II декады июня, фаза бутонизации – на конец I и начало II декады июля, цветение приходилось на конец II декады июля и начало I декады августа. Характерной особенностью летнего периода 2024 г. являлось то, что в начале и середине августа сорта: Киру, Xisen 1, Xisen 6, Xisen 8, селекционные образцы Олюшка, Танюша, 18-7-1 и Травник ещё обильно цвели, что способствовало интенсивному клубнеобразованию (рисунок 1).



Рисунок 1 – Опытное поле картофеля в КХ «Тэрра» в период массового цветения

В конце третьей декады августа на опытных деланках отмечена массовая эпифитотия фитофтороза. Болезнь за считанные дни распространилась по всему участку и только сорта Киру, Xisen 1 и гибрид 18-7-1 показали фитофтороустойчивость по листьям (рисунок 2).



А - Сорт Xisen 1



В - Селекционный образец 18-7-1

Рисунок 2 – Фотосинтезирующая ботва кустов картофеля сорта Xisen 1 (А) и селекционного образца 18-7-1 (Б) на фоне эпифитотии фитофтороза

Сортообразец Танюша проявил наименьшую пораженность данным фитопатогеном (6-7 баллов). Также визуальнo и с помощью диагностики методом иммуноферментного анализа (ИФА) были обнаружены X-вирус картофеля (PVX), Y-вирус картофеля (PVY), M-вирус картофеля (PVM), S-вирус картофеля (PVS) и вирус скручивания листьев картофеля (PLRV) (рисунок 3).



Рисунок 3 – Куст картофеля сорта Танюша с симптомами PLRV

Исходя из полученных данных, при сопоставлении наличия на клубнях фитофтороза при уборке выделились сорта и селекционные образцы с более высокой устойчивостью к заболеваниям на момент уборки: к фитофторозу клубней – Танюша, Травник, Рэд Роуз. Были отмечены сорта с повышенной подверженностью заболеваниям – фитофторозом сильнее поражались образцы Gala, Colomba и Олюшка (рисунок 4).

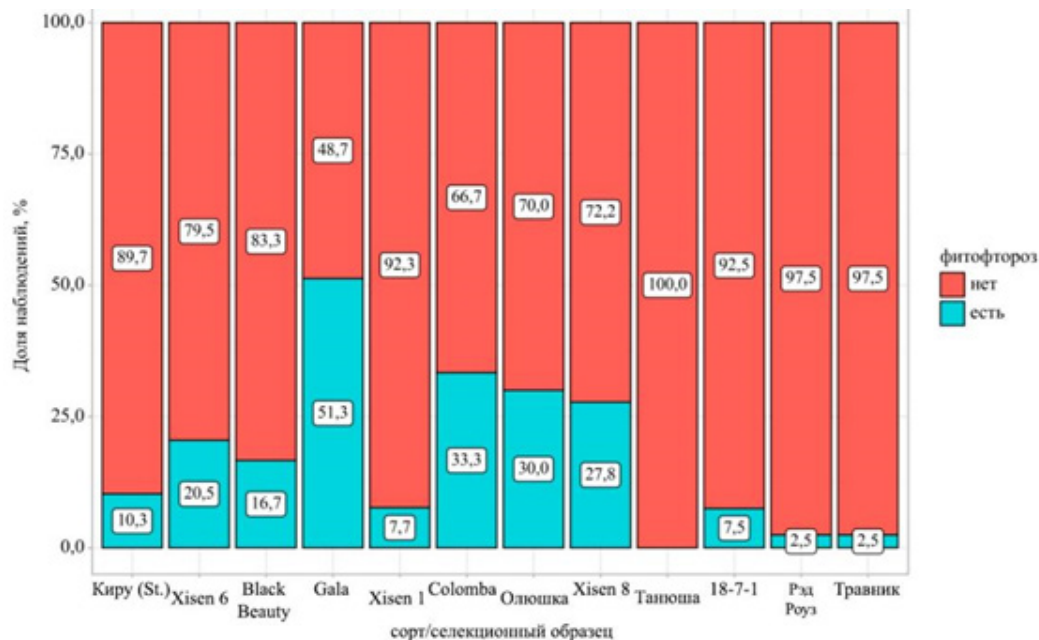


Рисунок 4 – Анализ пораженности клубней сортов и селекционных образцов картофеля фитофторозом на момент уборки

Представлен анализ структуры урожая и товарности клубней в зависимости от сорта и селекционного образца картофеля (таблица 1).

Таблица 1 – Хозяйственно-биологические показатели сортов и селекционных образцов картофеля, 2024 г.

№	Сорт, селекционный образец	Группа по стат. обработке	Полнота всходов, %	Пораженность вирусам, %	Средний урожай, т/га	Прибавка				
						+/- т/га	%			
1	Gala (St)	1	98	0	49,9 ± 3,4	-	-	1123,0	16,6	67,7
2	Black Beauty		90	64,0	17,0 ± 6,9	-32,9**	-65,9	382,7	5,8	66,0
3	Colomba		98	15,4	57,0 ± 5,3	+7,1	14,2	1285,3	13,9	92,5
4	18-7-1		100	10,0	54,0 ± 3,9	+4,1	8,3	1262,1	11,0	114,7
	НСР (5%)				9,3					
	m%				6,54					
5	Рэд Роуз (St)	2	100	95	27,8 ± 4,0	-	-	638,85	12,7	50,3
6	Xisen 6		98	15,4	48,2 ± 5,7	+20,4**	73,4	1085,3	13,7	79,2
7	Xisen 1		35	7,7	24,1 ± 6,9	-3,7	-13,4	491,8	4,6	107,0
8	Олюшка		100	80,0	32,4 ± 6,8	4,6	16,4	728,7	8,8	82,8
9	Xisen 8		43	23,5	16,1 ± 5,1	-11,8*	-42,2	382,5	6,7	57,1
	НСР (5%)				8,5					
	m%				9,30					
10	Киру (St)	3	95	97,3	34,5 ± 6,7	-	-	777,4	5,7	136,4
11	Танюша		100	82,5	30,6 ± 0,9	-4,0	-11,6	687,0	13,3	51,7
12	Травник		100	45,0	32,7 ± 4,8	-1,9	-5,4	734,7	14,9	49,3
	НСР (5%)	3			8,3					
	m%				7,39					

Примечание - * $p=0,05$, ** $p=0,01$

По результатам ИФА анализа в сильной степени вирусными болезнями, в основном морщинистой мозаикой и крапчатостью, были поражены следующие образцы: Олюшка (80%), Танюша (82,5%) Black Beauty (64%), Травник (45%), особенно два сорта Киру (97,5%) и Рэд Роуз (95%), несколько слабее образец 18-7-1 (10%) и сорт Colomba (15,4%). Абсолютно безвирусным был сорт Gala.

В результате сравнения урожайности с делянки наивысшую урожайность показал сорт картофеля Colomba (57,0 т/га), который превысил стандартный сорт Gala на 7,1 т/га (14,2 %), однако эта прибавка не была статистически значимой (рисунок 5).

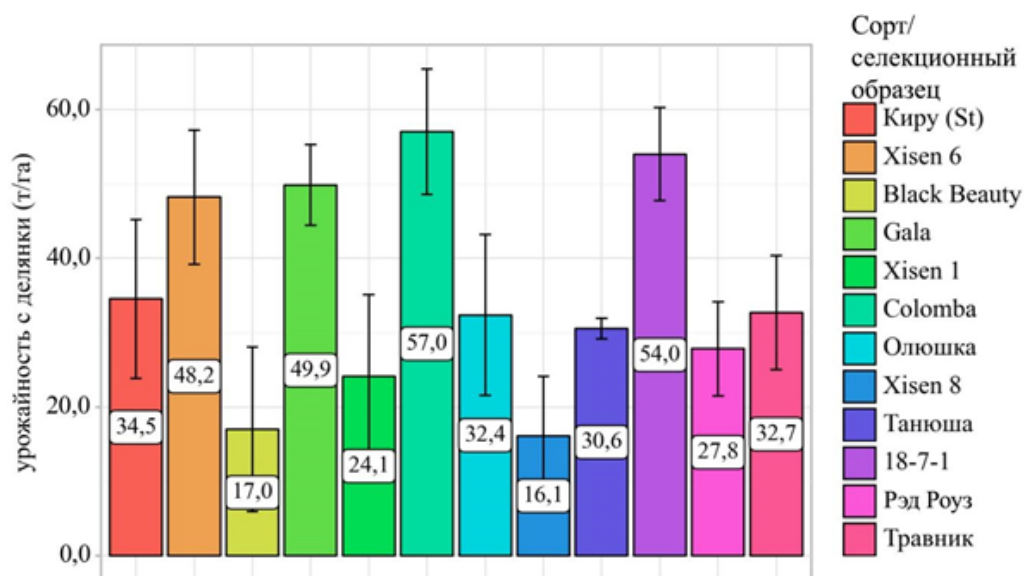


Рисунок 5 – Урожайность картофеля в зависимости от сорта и селекционного образца

Селекционный образец картофеля 18-7-1 также отличался высокой урожайностью – 54,0 т/га, превосходя стандарт Gala на 4,1 т/га, но эта прибавка не превышала уровень НСР05. Образец Олюшка с урожайностью 32,4 т/га превысил сорт с окрашенной мякотью Рэд Роуз (St) на 4,6 т/га, но ниже сорта Киру (St) на 2,1 т/га. Селекционные образцы Олюшка, Танюша и Травник имели сопоставимую урожайность в диапазоне от 30,6 до 34,5 т/га по сравнению с сортом Киру (St). Сорт Xisen 1 показал урожайность – 24,1 т/га, что ниже контрольного сорта Рэд Роуз на 3,7 т/га. Сорта с фиолетовой мякотью клубней Black Beauty и Xisen 8 имели наименьшую урожайность – 17,0 т/га и 16,1 т/га соответственно, достоверно уступая сортам стандартам в своих группах спелости – Gala (49,9 т/га) и Рэд Роуз (27,8 т/га).

Результаты анализа товарности подтверждают, что сортовые особенности существенно влияли на качество и коммерческую ценность урожая картофеля.

Сорта картофеля: Киру, Black Beauty, Colomba, Gala, Xisen 1, Xisen 6 и селекционные образцы 18-7-1 и Олюшка сочетали в себе высокую товарность (99-100%), а также минимальное образование мелкой фракции (таблица 2). Сорта Рэд Роуз, Xisen 8 также имели высокую товарность (96,6-98,7%). Селекционные образцы Танюша (95,2%) и Травник (94,2%) имели несколько пониженную товарность, что связано с более высоким выходом мелкой фракции. Анализ товарности в зависимости от сорта и селекционного образца картофеля показал, что селекционные образцы Танюша и Травник имели наименьшую товарность, что может снижать их коммерческую привлекательность, несмотря на ценность окрашенной мякоти клубней. Сорта с пониженной товарностью требуют дополнительных мер для повышения качества урожая и снижения доли некондиционной фракции.

Полученные данные показали, что у одних сортов к декабрю сохраняется, либо даже возрастает, абсолютное содержание крахмала на фоне усиленного обезвоживания клубней, в то время как у других наблюдается заметный спад доли и абсолютных значений крахмала. При этом

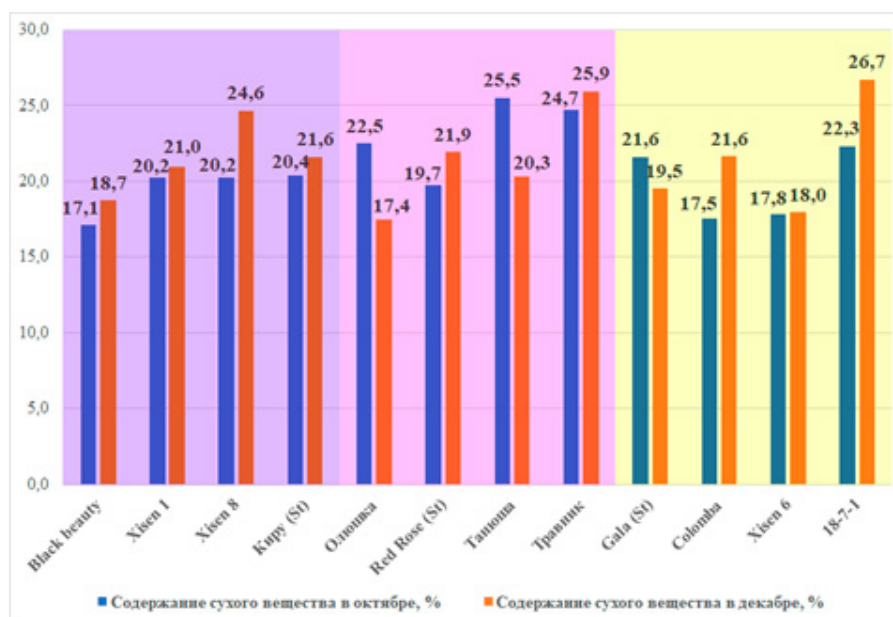
у большинства сортов фиксируется снижение удельной доли крахмала в сухом веществе, что свидетельствует о более быстром накоплении иных компонентов (в т.ч. растворимых сахаров) по сравнению с крахмалом (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика содержания сухого вещества и крахмала в клубнях сортов и селекционных образцов картофеля с различной окраской мякоти, 2024 г.

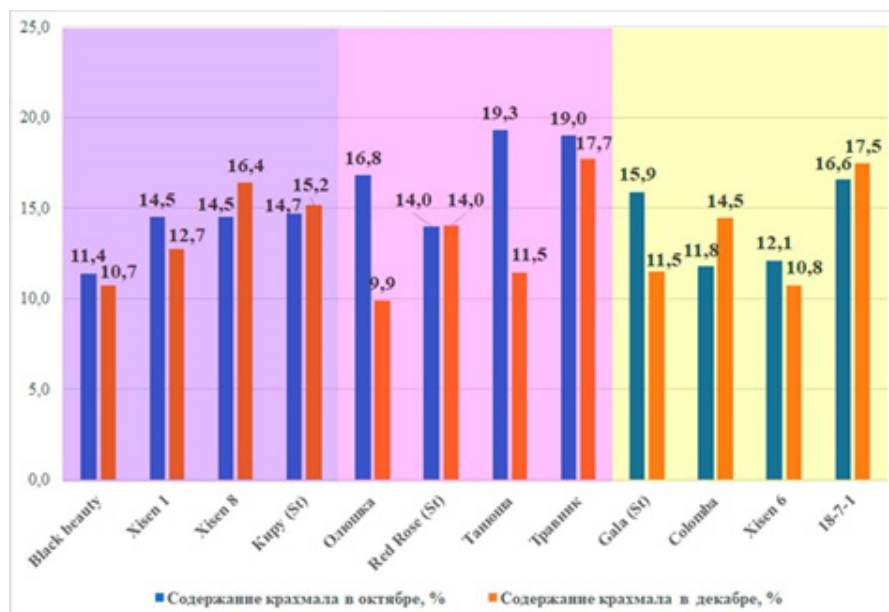
Цвет мякоти	Группа спелости	Сорт/селекционный образец	Содержание сухого вещества, %		Содержание крахмала, %		Содержание крахмала в сухом веществе, %	
			октябрь	декабрь	октябрь	декабрь	октябрь	декабрь
Фиолетовая	Раннеспелый	Black beauty	17,1	18,7	11,4	10,7	66,7	57,4
	Среднеспелый	Xisen 1	20,2	21,0	14,5	12,7	71,8	60,7
		Xisen 8	20,2	24,6	14,5	16,4	71,8	66,6
	Позднеспелый	Киру (St)	20,4	21,6	14,7	15,2	72,1	70,3
Розовая	Среднеспелый	Олюшка	22,5	17,4	16,8	9,9	74,7	56,7
Красная	Среднеспелый	Рэд Роуз (St)	19,7	21,9	14,0	14,0	71,1	64,1
Розовая	Позднеспелый	Танюша	25,5	20,3	19,3	11,5	75,7	56,5
	Позднеспелый	Травник	24,7	25,9	19,0	17,7	76,9	68,3
Желтая	Раннеспелый	Gala (St)	21,6	19,5	15,9	11,5	73,6	59,0
		Colomba	17,5	21,6	11,8	14,5	67,4	66,8
		18-7-1	22,3	26,7	16,6	17,5	74,4	65,3
	Среднеспелый	Xisen 6	17,8	18,0	12,1	10,8	68,0	59,9

В результате проведённого исследования установлено, что динамика содержания сухого вещества и крахмала в клубнях картофеля существенно варьирует в зависимости от сортовых характеристик и группы их спелости.

Среди сортов с фиолетовой окраской мякоти клубней наибольшую стабильность и высокие показатели содержания сухого вещества (СВ) и крахмала демонстрировал сорт Киру, у которого эти показатели росли (при этом доля крахмала в СВ немного уменьшалась, но оставалась выше 70%). Сорт Xisen 8 особенно выделялся резким приростом сухого вещества и крахмала, но доля крахмала в СВ тоже незначительно падала (с ~72% до ~67%) (рисунок 6).



А



Б

Рисунок 6 – Динамика содержания сухого вещества (А) и крахмала (Б) в клубнях сортов и селекционных образцов картофеля с различной окраской мякоти (октябрь-декабрь)

В группе сортов с желтой мякотью значительный прирост сухого вещества продемонстрировал селекционный образец 18-7-1, хотя относительная доля крахмала упала с ~74% до ~65%. Заметно, что у сорта Colomba и селекционного образца 18-7-1 не просторосло общее содержание сухого вещества, но и увеличивалось абсолютное содержание крахмала. Однако, процентная доля крахмала в сухом веществе у всех четырех сортов с желтой мякотью снижалась к декабрю 2024 года (у Colomba – минимально, с 67,4% до 66,8%) (рисунок 7).

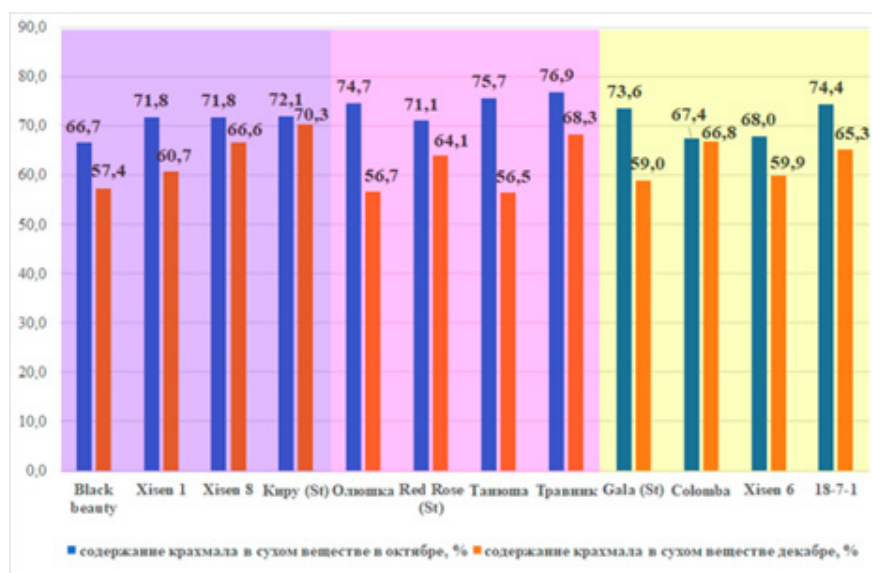


Рисунок 7 – Динамика содержания крахмала в сухом веществе клубней сортов и селекционных образцов картофеля с различной окраской мякоти (октябрь-декабрь)

Клубни сортов с розовой мякотью значительно отличались по динамике рассматриваемых биохимических показателей. Селекционные образцы Олюшка и Танюша теряли сухое вещество и крахмал весьма резко – в итоге их доля крахмала в СВ существенно падала. Клубни сорта Рэд Роуз, напротив, в декабре месяце имели немного больше СВ и стабильный крахмал, однако

относительная доля крахмала тоже снижалась (71,07% → 64,05%). Клубни селекционного образца Травник удерживали очень высокие показатели во все сроки: при увеличении СВ с 24,7% до 25,92% крахмал хоть и снизился (19% → 17,71%), но оставался одним из самых высоких. Доля крахмала в сухом веществе в декабре (68,33%) по-прежнему была одной из лидирующих среди всех образцов картофеля.

Таким образом, у большинства образцов картофеля было выявлено снижение удельной доли крахмала в сухом веществе к декабрю, однако при этом у некоторых сортов картофеля Colomba, Xisen 8, Киру и селекционных образцов 18-7-1, Травник наблюдалось увеличение как абсолютного содержания крахмала, так и общего уровня сухого вещества. В то же время селекционные образцы: Танюша и Олюшка, обладавших в начале хранения высокими показателями, существенно утратили запасы крахмала к декабрю.

В исследовании Nourian и соавторов (2003) отмечено, что даже при одинаковой низкой температуре клубни разных генотипов картофеля могут вести себя неодинаково, что проявляется в различной кинетике распада крахмала и формировании простых сахаров [25].

Полученные данные согласуются с результатами ряда исследований, указывающих на то, что в период хранения клубни картофеля могут как накапливать крахмал (при снижении общего содержания влаги), так и терять его в результате дыхательных процессов и ферментативного гидролиза. Так, в работе В.А. Сердюкова (2021) отмечено, что при хранении картофеля насыпью в клубнях повышается содержание крахмала на 0,05%, что может быть связано с потерей влаги и, соответственно, относительным увеличением концентрации сухих веществ [26].

В исследовании Назировой и соавторов (2020) установлено, что в течение шести месяцев хранения содержание белка в клубнях картофеля уменьшается почти в два раза, а гидролиз крахмала до моносахаров продолжается практически до конца периода хранения [27].

Согласно требованиям к столовым сортам картофеля для потребления клубней в свежем виде содержание в них крахмала для раннего потребления составляет 10-12%, для сортов, предназначенных для длительного хранения - 14-18%, а для диетического питания - 8-10% [28]. В условиях Волго-Вятского региона Российской Федерации установлена отрицательная корреляция между скороспелостью сортов картофеля и содержанием крахмала, что подтверждает тенденцию более высокого накопления крахмала у среднеспелых и позднеспелых сортов по сравнению с раннеспелыми сортами картофеля [29].

Проведённые на момент первого анализа в октябре (через месяц после уборки) исследования подтверждают вышеуказанное утверждение. Так, селекционные образцы с розовой мякотью, относящиеся к группе позднеспелых: Танюша и Травник, содержали 19,3 и 19,0% крахмала соответственно, а среднеспелые сорта с розовой мякотью Рэд Роуз и Олюшка содержали 14,0 и 16,8% крахмала. Однако, позднеспелый сорт с фиолетовой мякотью Киру содержал менее 16% крахмала во время всех наблюдений. Раннеспелые сорта Black Beauty (с фиолетовая мякоть) и Colomba (жёлтая мякоть), содержали менее 12% крахмала через месяц после уборки, но у сорта Colomba содержание крахмала через 2 месяца было выше 14%.

Клубни раннеспелого сорта Gala наоборот, через месяц после уборки содержали почти 16% крахмала, а в декабре менее 12%. Содержание крахмала в клубнях сортов средней группы спелости на момент первого измерения (в октябре) находилось в пределах 14-18% для всех изучаемых сортов, за исключением сорта картофеля Xisen 6, вне зависимости от окраски мякоти. Раннеспелый селекционный образец 18-7-1 (жёлтая мякоть) содержал крахмала на уровне характерном для среднеспелых сортов. Если исходить из рекомендованного уровня содержания крахмала для диетического питания, то можно отметить сорта, у которых в декабре клубни содержали менее 10% крахмала. К таким сортам можно отнести сорт с розовой мякотью Олюшка (9,9%), с фиолетовой мякотью Black Beauty (10,7%), с жёлтой мякотью – Xisen 6 (10,8%).

В виду того, что по типу окраски мякоти клубня в исследованиях присутствует по 4 сорта, была предпринята попытка осуществить разведывательный анализ выявления закономерностей между окраской мякоти клубней и содержанием сухого вещества и крахмала (рисунок 8).

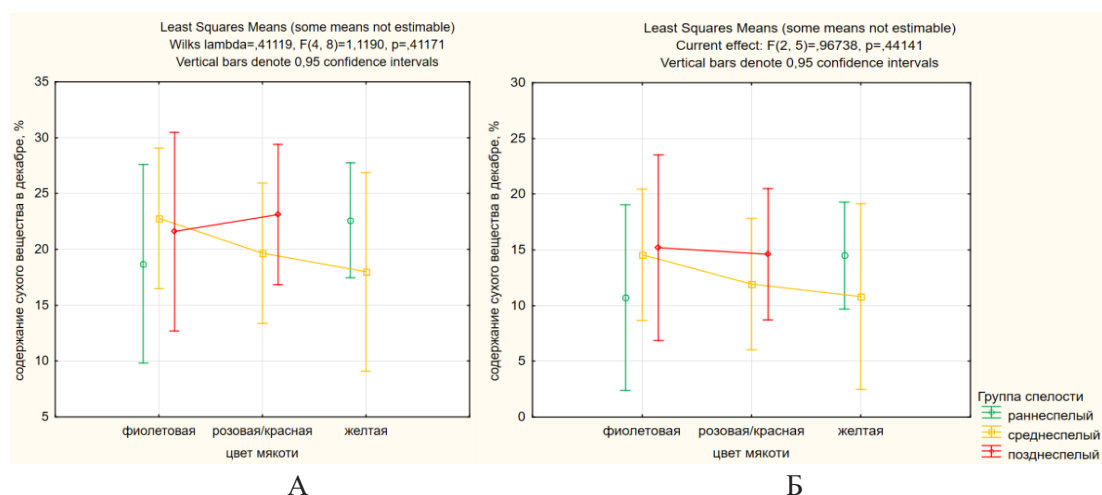


Рисунок 8 – Содержание сухого вещества (А) и крахмала (Б) в клубнях сортов и селекционных образцов картофеля в зависимости от окраски клубней и группы спелости

Согласно представленным на рисунке выше данным двухфакторного дисперсионного анализа, статистически значимые отличия в содержании сухого вещества и крахмала в клубнях в зависимости от группы по цвету мякоти клубня отсутствовали ($p=0,412$ и $0,441$ соответственно). Однако, по показателю содержания крахмала присутствовала визуальная закономерность в пределах фиолетовой и красно-розовой группы по окраске клубней по группе спелости – у сортов с более поздней спелостью содержание крахмала в среднем выше.

По показателю содержания сухого вещества, в группе сортов с фиолетовой мякотью позднеспелый сорт выбивается из этой тенденции (сорт Киру). Однако содержание крахмала в сухом веществе в группе сортов с фиолетовой окраской клубней подчинялось отмеченной закономерности (рисунок 9).

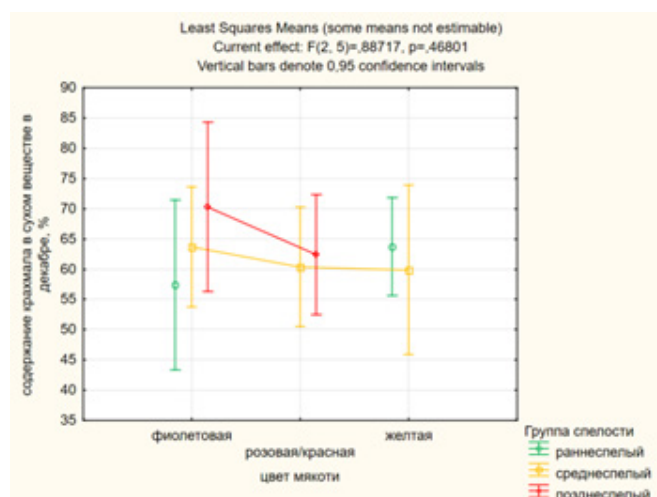


Рисунок 9 – Содержание крахмала в сухом веществе клубней сортов и селекционных образцов картофеля в зависимости от окраски клубней и группы спелости

Полученные результаты, отображённые на рисунке выше, не выявили статистически значимых различий ($p=0,468$) между группами по окраске мякоти клубней и содержанием крахмала в сухом веществе.

Был проведён анализ содержания сухого вещества в клубнях картофеля в октябре и декабре в зависимости только от группы спелости (таблица 3).

Таблица 3 – Анализ содержания сухого вещества в зависимости от группы спелости сортов и селекционных образцов картофеля без учёта окраски мякоти клубней

Группа спелости	Содержание сухого вещества в октябре, (%)		Содержание сухого вещества в декабре, (%)		n
	M ± SD	95% ДИ	M ± SD	95% ДИ	
Раннеспелые	19,6 ± 2,7	15,3 – 23,9	21,65 ± 3,60	15,93 – 27,37	4
Среднеспелые	20,1 ± 1,7	18,0 – 22,2	20,58 ± 2,96	16,90 – 24,26	5
Позднеспелые	23,5 ± 2,7	16,7 – 30,3	22,61 ± 2,93	15,32 – 29,90	3
p	0,110		0,686		
Группа спелости	Содержание крахмала в октябре, %		Содержание крахмала декабре, %		n
	M ± SD	95% ДИ	M ± SD	95% ДИ	
Раннеспелые	13,93 ± 2,70	9,62 – 18,23	13,54 ± 3,06	8,67 – 18,41	4
Среднеспелые	14,38 ± 1,68	12,30 – 16,46	12,76 ± 2,61	9,52 – 16,01	5
Позднеспелые	17,67 ± 2,57	11,27 – 24,06	14,79 ± 3,14	6,99 – 22,59	3
p	0,121		0,644		

Примечание - * различия показателей статистически значимы ($p < 0,1$)

В результате сопоставления содержания сухого вещества и крахмала в клубнях в октябре и декабре месяцах 2024 г., в зависимости от группы спелости сортов картофеля, не были выявлены существенные различия ($p=0,110, 0,121, 0,686, 0,644$ соответственно) (используемый метод: F–критерий Фишера) (рисунок 10). Уровень статистической достоверности при неравномерной и малой выборке сортов в октябре был близок к 0,1, что косвенно свидетельствует о наличии взаимосвязи, но уже через два месяца после уборки p-уровень уже превышает 0,6, следовательно в период хранения уже через 3 месяца после уборки происходят преобразования, снижающие влияние группы спелости на содержание сухого вещества и крахмала. Так как существует тесная положительная взаимосвязь между содержанием крахмала и сухого вещества, данные результаты вполне закономерны и подтверждаются результатами исследований других авторов [30].

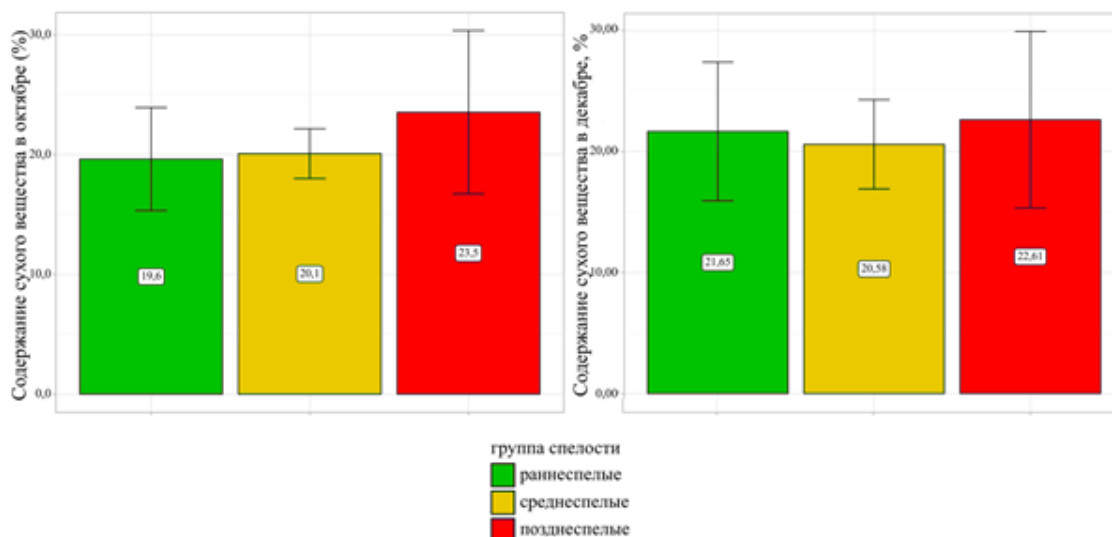


Рисунок 10 – Содержание сухого вещества в клубнях в зависимости от группы спелости сортов и селекционных образцов картофеля

Таким образом, динамика изменения содержания крахмала и сухого вещества в клубнях картофеля во время хранения зависит от комплекса факторов - сортовые особенности, условия выращивания и параметры хранения. Цвет окраски мякоти клубней не был отмечен, как определяющий группирующий фактор для содержания крахмала и сухого вещества в клубнях

картофеля. Связь между группой спелости и содержанием крахмала и сухого вещества ослабевает в течение периода хранения. Это подчёркивает необходимость учета сортовых особенностей и назначения сортов картофеля при выборе условий и сроков хранения, а также срок отбора проб для проведения анализов.

На следующем этапе исследований рассматривали в клубнях исследуемых сортов и селекционных образцов картофеля содержание аскорбиновой кислоты по состоянию на декабрь 2024 года (таблица 4).

Таблица 4 – Содержание аскорбиновой кислоты в клубнях картофеля в зависимости от сорта/селекционного образца, группы спелости и окраски мякоти клубней

Цвет мякоти	Группа спелости	Сорт/ селекционный образец	Аскорбиновая кислота, мг/100 г
Фиолетовая	Раннеспелый	Black beauty	20,93
	Среднеспелый	Xisen 1	21,39
		Xisen 8	18,40
Фиолетовая	Позднеспелый	Киру (St)	20,47
Розовая	Среднеспелый	Олюшка	19,32
Красная	Среднеспелый	Рэд Роуз	18,86
Розовая	Позднеспелый	Танюша	17,48
		Травник	18,63
Желтая	Раннеспелый	Gala (St)	19,55
		Colomba	19,78
		18-7-1	19,32
	Среднеспелый	Xisen 6	19,78

По данным таблицы 4, у сортов с фиолетовой мякотью наблюдается широкий диапазон содержания аскорбиновой кислоты (от 18,5 до 21,5 мг/100 г), при этом наибольшее значение зафиксировано у сорта Xisen 1, наименьшее у сорта Xisen 8.

Сорт с красной мякотью Рэд Роуз и селекционный образец Олюшка с розовой мякотью демонстрировали умеренный уровень содержания аскорбиновой кислоты в клубнях (от 17,5 до 19,5 мг/100 г).

В группе сортов и селекционных образцов с желтой мякотью средний уровень аскорбиновой кислоты несколько выше по сравнению с розовыми сортами, но ниже, чем у фиолетовых. Наибольшие значения наблюдаются у сортов Colomba и Xisen 6.

Согласно исследованию *Е.М. Гинс* и других ученых, содержание аскорбиновой кислоты в клубнях картофеля варьируется в зависимости от сорта и окраски мякоти. Например, в сорте «Гала» с темно-желтой мякотью содержание аскорбиновой кислоты составляло 15,84 мг%, тогда как в сорте «Фиолетовый» с фиолетовой мякотью – 8,80 мг%. Это указывает на то, что сорта с различной окраской мякоти могут существенно отличаться по содержанию аскорбиновой кислоты [31].

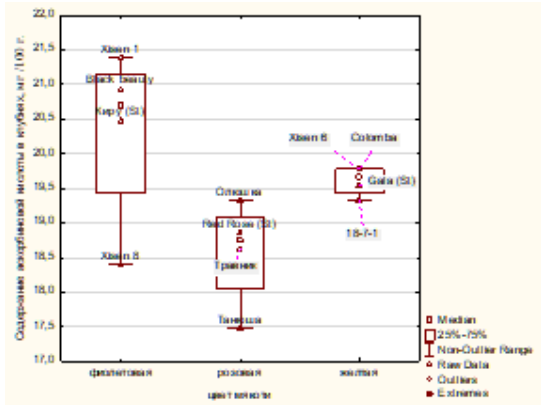


Рисунок 11 – Содержание аскорбиновой кислоты в клубнях в зависимости от сортов и селекционных образцов картофеля, сгруппированных по цвету мякоти клубней

Для выявления уровня статистической значимости выявленных отличий был проведен анализ содержания аскорбиновой кислоты в зависимости от цвета мякоти клубня (таблица 5).

Таблица 5 – Анализ содержания аскорбиновой кислоты в зависимости от цвета мякоти клубня

цвет мякоти	Аскорбиновая кислота (мг/100 г)			p
	M±SD	95% ДИ	n	
желтая	19,6±0,2	19,3–20,0	4	0,065* p розовая/красная – фиолетовая = 0,055
фиолетовая	20,3±1,3	18,2–22,4	4	
розовая/красная	18,6±0,8	17,3–19,8	4	

Примечание - *различия показателей статистически значимы (p < 0,1)

В соответствии с данными таблицы 5, при сравнении содержания аскорбиновой кислоты в зависимости от цвета мякоти, были выявлены статистически значимые различия (p = 0,065) (используемый метод: F–критерий Фишера). Было установлено, что в среднем изучаемые сорта с фиолетовой мякотью через 3 месяца после закладки на хранение содержали на 0,7 мг/100 г больше аскорбиновой кислоты, чем сорта с жёлтой мякотью, и на 1,7 мг/100 г больше, чем сорта с розовой и красной мякотью.

Полученные данные подтверждают наличие различий в содержании аскорбиновой кислоты между сортами и селекционными образцами с различной окраской мякоти, что может быть обусловлено генетическими особенностями сортов и физиологическими процессами метаболизма.

Закключение

В условиях орошаемого земледелия Костанайской области в 2024 году на фоне избыточного увлажнения и эпифитотии фитофтороза установлено, что разные сорта и селекционные образцы картофеля с цветной мякотью (фиолетовой, розовой, красной и жёлтой) демонстрировали значительные различия по морфобиологическим и хозяйственно-ценным признакам.

Наиболее выраженную устойчивость к фитофторозу по листьям в ходе массовой эпифитотии (конец августа 2024 г.) продемонстрировали сорт Киру, Xisen 1 и селекционный образец 18-7-1. В то же время устойчивость к фитофторозу клубней при уборке показали селекционные образцы с розовой мякотью Танюша, Травник и сорт Рэд Роуз, причём у селекционного образца Танюша дополнительно отмечены низкие баллы поражения по листовому аппарату (6–7 баллов), что выделяло его как один из самых устойчивых сортов в целом. По данным фитопатологического анализа, некоторые сорта (Gala, Colomba, Олюшка) оказались более восприимчивыми к фитофторозу.

В ходе диагностики методом ИФА выявлена неодинаковая поражённость вирусными болезнями. Абсолютную безвирусность показал сорт Gala.

Максимальную урожайность (57,0 т/га) продемонстрировал раннеспелый сорт Colomba, превзойдя стандарт Gala на 14,2%. Высокую продуктивность (54,0 т/га) показал селекционный образец 18-7-1. Сорта Xisen 1, Xisen 8, а также Black Beauty характеризовались низкой урожайностью (16,1–21,9 т/га). Большинство изучаемых сортов (Colomba, Киру, Xisen 1, Xisen 6 и селекционный образец 18-7-1) сочетали высокую товарность (99–100%) с минимальным выходом мелкой фракции.

Цвет мякоти клубня не был выявлен в качестве фактора, влияющего на содержание сухого вещества и крахмала ($p > 0,05$).

У большинства сортов и селекционных образцов заложенных на хранение, через три месяца в клубнях картофеля снижалась удельная доля крахмала в сухом веществе, при этом у ряда сортов - Киру, Colomba, Xisen 8 и селекционных образцов - 18-7-1, Травник росло, как абсолютное содержание крахмала, так и общее содержание сухого вещества. Некоторые образцы (Олюшка, Танюша) к декабрю существенно утратили запасы крахмала, что важно учитывать при выборе сортов для длительного хранения и пищевого назначения.

Между сортами с различной окраской мякоти выявлены статистически значимые различия по содержанию витамина С ($p = 0,065$). В среднем у сортов с фиолетовой мякотью клубней (Киру, Xisen 1, Xisen 6, Black Beauty) отмечались несколько более высокие значения (до 21,5 мг/100 г) по сравнению с образцами, имеющими клубни с жёлтой окраской мякоти. Разброс внутри каждой цветовой группы был существенным, что указывает на важность конкретных генотипических особенностей.

Таким образом, результаты первого года испытаний подчёркивают необходимость комплексного подхода при выборе сортов картофеля с разной окраской клубней и группой спелости. Высокие показатели урожайности, товарности и устойчивости к болезням могут успешно сочетаться с благоприятным биохимическим профилем (содержанием крахмала, сухого вещества, витамина С), однако данные параметры сильно зависят от генотипа сорта, погодных условий, агротехники и длительности хранения. Полученные результаты могут служить основой для дальнейших исследований по совершенствованию ассортимента цветного картофеля, оптимизации технологий выращивания и хранения, а также для практического использования производителями и переработчиками картофеля в регионе.

Вклад авторов

ВХ, ЕЕ, АС, АУ, ВС: участвовали в проведении полевых исследований. ЕР: выполнила биохимический анализ клубней. АС выполнил статистическую обработку данных. ЕЕ, АС: подготовили литературный обзор, изложили результаты исследований, выполнили анализ данных и подготовили статью.

ВХ, АУ и ЕР: провели окончательную редакцию и вычитку. Все авторы прочитали, просмотрели и одобрили окончательную редакцию рукописи.

Благодарность

Авторы выражают главе КХ «Тэрра» Семейкину В.И. за предоставление земельного участка для проведения исследований и картофелехранилища для длительного хранения семенного материала.

Информация о финансировании

Работа выполнена в рамках грантового финансирования МНВО РК «Картофель с цветной мякотью для Северного Казахстана: подбор сортов и гибридов, создание биологизированной технологии защиты» ИРН -AP23485559.

Список литературы

1 Brown, CR, Culley, D., Bonierbale, M., Amoroso, W. (2007). Anthocyanin, carotenoid content and antioxidant values in Native South American Potato Cultivars. *Hortscience*, 42, 1733-1736. DOI: 10.21273/HORTSCI.42.7.1733.

- 2 Chaves-Silva, S., Santos, AL, Chalfun-Júnior, A., Zhao, J., Peres, LE, Benedito, VA. (2018). Understanding the genetic regulation of anthocyanin biosynthesis in plants—tools for breeding purple varieties of fruits and vegetables. *Phytochemistry*, 153, 11-27. DOI: 10.1016/j.phytochem.2018.05.013.
- 3 Akyol, H., Riciputi, Y., Capanoglu, E., Caboni, MF, Verardo, V. (2016). Phenolic compounds in the potato and its byproducts: an overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(6), 835-854. DOI: 10.3390/ijms17060835.
- 4 Shahidi, F., Ambigaipalan, R. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects. *Journal of Functional Foods*, 18, 820-897. DOI: 10.1016/j.jff.2015.06.018.
- 5 Николаева, ОВ. (2023). Сравнительная оценка сортов картофеля с окрашенной мякотью. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*, 1, 68-74.
- 6 Chalishkan, MA, Bakhsh, A., Jabran, K. (2023). World Potato Production. *Academic Press*, 411. DOI: 10.1016/B978-0-12-822925-5.00027-X.
- 7 Поливанова, ОБ, Гинс, ЕМ. (2019). Антиоксидантная активность пигментированного картофеля (*Solanum tuberosum* L.), содержание антоцианов, их биосинтез и физиологическая роль. *Овощи России*, 6, 84-90. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-6-84-90.
- 8 Киру, СД, Мелешин, АА, Апшев, ХХ. (2016). И вкус, и цвет. *Сельскохозяйственные вести*, 1, 14-16.
- 9 Тайков, ВВ, Удовицкий, АС, Екатеринбургская, ЕМ. (2018). Оценка новых сортов и гибридов картофеля отечественной и зарубежной селекции в питомнике экологического сортоиспытания в Костанайском НИИСХ за 2015-2017 гг. *3i: intellect, idea, innovation - интеллект, идея, инновация*, 1, 89-93.
- 10 Козлов, ВА. (2014). Создание исходного материала картофеля с цветной мякотью клубней. *Картофелеводство*, 22, 29-34.
- 11 Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан. (2023). *Государственный реестр селекционных достижений, рекомендуемых к использованию в Республике Казахстан* (в редакции приказа Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 03.04.2020 №112).
- 12 Madiwale, GP, Reddivari, L., Holm, DG, Vanamala, J. (2011). Storage Elevates Phenolic Content and Antioxidant Activity but Suppresses Antiproliferative and Pro-apoptotic Properties of Colored-Flesh Potatoes against Human Colon Cancer Cell Lines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(15), 8155-8166. DOI: 10.1021/jf201073g.
- 13 Стрыгина, КВ, Хлеткина, ВК. (2017). Синтез антоцианов у картофеля (*Solanum tuberosum* L.): Генетические маркеры для направленного отбора. *Сельскохозяйственная биология*, 52(1), 37-49. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.1.37rus.
- 14 Гинс, ЕМ, Москалев, ЕА, Поливанова, ОБ, Митюшкин, АВ, Симаков, ЕА. (2020). Оценка содержания веществ с антиоксидантной активностью в образцах картофеля коллекции исходных родительских форм Федерального исследовательского центра картофеля имени А.Г. Лорха. *Вестник Российского университета дружбы народов*, 15(3), 242-252. DOI: 10.22363/2312-797X.2020-15-3-242-252.
- 15 Молявко, АА, Марухленко, АВ, Борисова, НП, Белоус, НМ, Ториков, ВЕ. (2021). Приемы снижения вирусной инфекции на семенном картофеле. *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*, 1(83), 15-23. DOI: 10.52691/2500-2651-2021-87-5-15-22.
- 16 Анисимов, БВ, Белов, ГЛ, Варицев, ЮА, и др. (2009). *Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков*. Картофелевод, 272.
- 17 Хлеткина, ЕК, Шумный, ВК, Колчанов, НА. (2016). Маркёр-ориентированная селекция и примеры её использования в мировом картофелеводстве. *Достижения науки и техники АПК*, 30(10), 5-8.
- 18 Айтбаева, АТ, Айтбаев, ТЕ. (2014). Защита растений картофеля от вредных организмов в системе капельного орошения на юго-востоке Казахстана. *Селекция и семеноводство овощных культур*, 45, 60-69.
- 19 Шарипова, ДС, Айтбаев, ТЕ. (2017). Пораженность грибными заболеваниями и продуктивность картофеля в зависимости от севооборота и фунгицидов в условиях юго-востока Казахстана. *Научно-практический журнал Защита картофеля*, 2, 18-21.

20 Оразбаева, ГК, Москаленко, ВМ, Дюсибаева, ЭН, Швидченко, ВК. (2013). Селекция сортов картофеля диетического и лечебного назначения – проблемы и перспективы. *Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина*, 1(76), 3-9.

21 Ермаков, АИ, Арасимович, ВВ, Ярош, НП, и др. (1987). Методы биохимического исследования растений. *Агропромиздат*, 429.

22 Уикем, Х., Гроулмунд, Г. (2018). Язык R в задачах науки о данных: импорт, подготовка, обработка, визуализация и моделирование данных. *ООО «Диалектика»*, 578.

23 Усманов, РР. (2020). *Статистическая обработка данных агрономических исследований в программе «STATISTICA»*. Учебно-методическое пособие. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 177.

24 Сыса, АГ, Живицкая, ЕП. (2018). *Статистический анализ в биологии и медицине*. Учебно-методическое пособие, 140.

25 Nourian, F., Ramaswamy, H., Kushalappa, AC. (2003). Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. *LWT - Food Science and Technology*, 36, 49-65. DOI: 10.1016/S0023-6438(02)00174-3.

26 Сердюков, ВА. (2021). Определение факторов, влияющих на изменение биохимических веществ в клубнях картофеля за период длительного хранения. *Картофелеводство и овощеводство*, 29, 114-120.

27 Назирова, РМ, Усмонов, НБ, Сулаймонов, РИ. (2020). Изменение химического состава клубней картофеля в процессе хранения. *Проблемы современной науки и образования*, 6, 19-22.

28 Симаков, ЕА, Митюшкин, Алей, В, Митюшин, Алдр, В, Журавлев, АА, (2016). Современные требования к сортам картофеля различного целевого использования. *Достижения науки и техники АПК*, 30(11), 45-48.

29 Синцова, НФ, Сергеева, ЗФ. (2014). Исходный материал для селекции высококрахмалистых сортов картофеля в условиях Волго-Вятского региона. *Аграрная наука Евро-Севера-Востока*, 5(42), 9-12.

30 Mohammed, W. (2016). Specific Gravity, Dry Matter Content, and Starch Content of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Varieties Cultivated in Eastern Ethiopia. *East African Journal of Sciences*, 10(2), 87-102.

31 Gins, EM, Moskalev, EA., Polivanova, OB, et. al. (2020). Antioxidant contents in potato cultivars from the collection of Russian Potato Research Center. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*, 15(3), 242-252. DOI: 10.22363/2312-797X-2020-15-3-242-252.

References

1 Brown, CR, Culley, D., Bonierbale, M., Amoros, W. (2007). Anthocyanin, carotenoid content and antioxidant values in Native South American Potato Cultivars. *Hortscience*, 42, 1733-1736. DOI: 10.21273/HORTSCI.42.7.1733.

2 Chaves-Silva, S., Santos, AL, Chalfun-Júnior, A., Zhao, J., Peres, LE, Benedito, VA. (2018). Understanding the genetic regulation of anthocyanin biosynthesis in plants–tools for breeding purple varieties of fruits and vegetables. *Phytochemistry*, 153, 11-27. DOI: 10.1016/j.phytochem.2018.05.013.

3 Akyol, H., Riciputi, Y., Capanoglu, E., Caboni, MF, Verardo, V. (2016). Phenolic compounds in the potato and its byproducts: an overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(6), 835-854. DOI: 10.3390/ijms17060835.

4 Shahidi, F., Ambigaipalan, R. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects. *Journal of Functional Foods*, 18, 820-897. DOI: 10.1016/j.jff.2015.06.018.

5 Nikolaeva, OV. (2023). Sravnitel'naya ocenka sortov kartofelya s okrashennoi myakot'yu *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skohozyajstvennoj akademii*, 1, 68-74. [in Russ].

6 Chalishkan, MA, Bakhsh, A., Jabran, K. (2023). World Potato Production. *Academic Press*, 411. DOI: 10.1016/B978-0-12-822925-5.00027-X.

7 Polivanova, OB, Gins, EM. (2019). Antioksidantnaya aktivnost' pigmentirovannogo kartofelya (*Solanum tuberosum* L.), sodержание antocianov, ih biosintez i fiziologicheskaya rol'. *Ovoshchi Rossii*, 6, 84-90. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-6-84-90. [in Russ].

- 8 Kiru, SD, Meleshin, AA, Apshev, HH. (2016). I vkus, i cvet. *Sel'skohozyaistvennyye vesti*, 1, 14-16. [in Russ].
- 9 Tajkov, VV, Udovickii, AS, Ekaterinskaya, EM. (2018). Ocenka novykh sortov i gibridov kartofelya otechestvennoj i zarubezhnoi selekcii v pitomnike ekologicheskogo sortoispytaniya v Kostanajskom NIISH za 2015-2017 gg. 3i: *intellect, idea, innovation - intellekt, ideya, innovaciya*, 1, 89-93. [in Russ].
- 10 Kozlov, VA. (2014). Sozdanie iskhodnogo materiala kartofelya s cvetnoi myakot'yu klubnei. *Kartofelevodstvo*, 22, 29-34. [in Russ].
- 11 Ministerstvo sel'skogo hozyaistva Respubliki Kazahstan. (2023). Gosudarstvennyj reestr selekcionnykh dostizhenii, rekomenduemykh k ispol'zovaniyu v Respublike Kazahstan. *V redakcii prikaza Ministra sel'skogo hozyajstva RK ot 03.04.2020 №112*. [in Russ].
- 12 Madiwale, GP, Reddivari, L., Holm, DG, Vanamala, J. (2011). Storage Elevates Phenolic Content and Antioxidant Activity but Suppresses Antiproliferative and Proapoptotic Properties of Colored-Flesh Potatoes against Human Colon Cancer Cell Lines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(15), 8155-8166. DOI: 10.1021/jf201073g.
- 13 Strygina, KV, Hletkina, VK. (2017). Sintez antocianov u kartofelya (*Solanum tuberosum* L.): Geneticheskie markery dlya napravlennoogo otbora. *Sel'skohozyaistvennaya biologiya*, 52(1), 37-49. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.1.37rus. [in Russ].
- 14 Gins, EM, Moskalev, EA, Polivanova, OB, Mityushkin, AV, Simakov, EA. (2020). Ocenka soderzhaniya veshchestv s antioksidantnoi aktivnost'yu v obrazcah kartofelya kollekcii iskhodnykh roditel'skih form Federal'nogo issledovatel'skogo centra kartofelya imeni A.G. *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov*, 15(3), 242-252. DOI: 10.22363/2312-797X 2020-15-3-242-252. [in Russ].
- 15 Molyavko, AA, Maruhlenko, AV, Borisova, NP, Belous, NM, Torikov, VE. (2021). Priemy snizheniya virusnoj infekcii na semennom kartofele. *Vestnik Bryanskoi gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, 1(83), 15-23. DOI: 10.52691/2500-2651-2021-87-5-15-22. [in Russ].
- 16 Anisimov, BV, Belov, GL, Varicev, YuA, i dr. (2009). Zashchita kartofelya ot boleznei, vreditelej i sornyakov. *Kartofelevod*, 272. [in Russ].
- 17 Hletkina, EK, Shumnyi VK, Kolchanov, NA. (2016). Markyor-orientirovannaya selekciya i primery eyo ispol'zovaniya v mirovom kartofelevodstve. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 30(10), 5-8. [in Russ].
- 18 Aitbaeva, AT, Aitbaev, TE. (2014). Zashchita rastenii kartofelya ot vrednykh organizmov v sis-teme kapel'nogo orosheniya na yugo-vostoke Kazahstana. *Selekciya i semenovodstvo ovoshchnykh kul'tur*, 45, 60-69. [in Russ].
- 19 Sharipova, DS, Aitbaev, TE. (2017). Porazhennost' gribnymi zabolevaniyami i produktivnost' kartofelya v zavisimosti ot sevooborota i fungicidov v usloviyah yugo-vostoka Kazahstana. *Nauchnoprakticheskii zhurnal Zashchita kartofelya*, 2, 18-21. [in Russ].
- 20 Orazbaeva, GK, Moskalenko, VM, Dyusibaeva, EN, Shvidchenko, VK. (2013). Selekcija sortov kartofelya dieticheskogo i lechebnogo naznacheniya – problemy i perspektivy. *Vestnik nauki Kazahskogo agrotekhnicheskogo universiteta im. S. Seifullina*, 1(76), 3-9. [in Russ].
- 21 Ermakov, AI, Arasimovich, VV, Yarosh, NP, i dr. (1987). Metody biohimicheskogo issledovaniya rastenij. *Agropromizdat*, 429. [in Russ].
- 22 Uikem, H., Groulmund, G. (2018). Yazyk R v zadachah nauki o dannyh: import, podgotovka, obrabotka, vizualizaciya i modelirovanie dannyh. *ООО «Dialektika»*, 578. [in Russ].
- 23 Usmanov, RR. (2020). *Statisticheskaya obrabotka dannyh agronomicheskikh issledovanii v programme «STATISTICA»: uchebno-metodicheskoe posobie*. RGAU-MSHA imeni K.A. Timiryazeva, 177. [in Russ].
- 24 Sysa, AG, Zhivickaya, EP. (2018). *Statisticheskii analiz v biologii i medicine. Uchebno-metodicheskoe posobie*, 140.
- 25 Nourian, F., Ramaswamy, H., Kushalappa, AC. (2003). Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. *LWT - Food Science and Technology*, 36, 49-65. DOI: 10.1016/S0023-6438(02)00174-3.

26 Serdyukov, VA. (2021). Opredelenie faktorov, vliyayushchih na izmenenie biohimicheskikh veshchestv v klubnyah kartofelya za period dlitel'nogo. *Kartofelevodstvo i ovoshchevodstvo*, 29, 114-120. [in Russ].

27 Nazirova, RM, Usmonov, NB, Sulaimonov, RI. (2020). Izmenenie himicheskogo sostava klubnei kartofelya v processe hraneniya. *Problemy sovremennoj nauki i obrazovaniya*, 6, 19-22. [in Russ].

28 Simakov, EA, Mityushkin, Al-ej V, Mityushin, Al-dr V, Zhuravlev, AA, (2016). Sovremen-nye trebovaniya k sortam kartofelya razlichnogo celevogo. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 30(11), 45-48. [in Russ].

29 Sincova, NF, Sergeeva, ZF. (2014). Iskhodnyu material dlya selekcii vysokokrahmalistykh sor-tov kartofelya v usloviyah Volgo-Vyatskogo regiona. *Agrarnaya nauka Evro-Severa-Vostoka*, 5(42), 9-12. [in Russ].

30 Mohammed, W. (2016). Specific Gravity, Dry Matter Content, and Starch Content of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Varieties Cultivated in Eastern Ethiopia. *East African Journal of Sciences*, 10(2), 87-102.

31 Gins, EM, Moskalev, EA, Polivanova, OB, et. al. (2020). Antioxidant contents in potato cul-tivars from the collection of Russian Potato Research Center. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*, 15(3), 242-252. DOI: 10.22363/2312-797X-2020-15-3-242-252.

Қостанай облысы жағдайында пигментті түйнек целлюлозасы бар картоптың жаңа сорттары мен селекциялық үлгілерін салыстырмалы бағалау

Хасанов В.Т., Екатеринбургская Е.М., Сидорик А.И., Удовицкий А.С.,
Рогозина Е.В., Семейкин В.И.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Бұл мақалада Қостанай облысының "Тэрра" ШҚ картоп өсіру шаруашылығындағы отандық және шетелдік картоп селекциялық материалының сорттық сынағының нәтижелері келтірілген. Вируссыз коллекцияларды құру, жалпы отырғызу материалын әзірлеу селекцияға түрлі-түсті түйнекті картоптарды енгізуге және Қазақстандағы картоптың алғашқы тұқым шаруашылығы үшін табысты бастама, сонымен қатар коммерцияландыру үшін дайын шешім болмақ. Зерттеудің мақсаты: Қостанай облысы жағдайында картоптың түрлі-түсті түйнекті сорттары мен гибридтердің отандық және шетелдік селекцияларын бағалау және перспективалы картоп үлгілерін анықтау.

Материалдар мен әдістер. 2024 жылға арналған фенологиялық бақылау, вирустармен зақымдануы, өнімнің шығындылығы мен құрылымын есепке алу, құрамындағы крахмал, құрғақ зат және С дәрумені бойынша зерттеулер жүргізілген.

Нәтижелер. Жоғары өнімділік көрсеткіштері белгіленген картоптың Colomba сорты - 57 т/га және 18-7-1 селекциялық үлгіде - 54 т/га жетті. Олюшка селекциялық үлгіде өнімділігі 32,4 т/га көрсетіп, Рэд Роуз (St) түрлі түсті түйнекті сорттан 4,6 т/га асып түсті, бірақ Киру сортынан (St) 2,1 т/га төмен болды. Түйнектері күлгін түсті Black Beauty және Xisen 8 сорттары ең аз өнімділікті көрсетті, яғни 17,0 т/га және 16,1 т/га, олар бір мезгілде пісетін топтардағы стандартты сорттардан – Gala (49,9 т/га) және Рэд Роуз (27,8 т/га) айтарлықтай төмен болды.

Картоптың Киру, Black Beauty, Gala, Colomba, Xisen 1, Xisen 6 сорттары және 18-7-1 және Олюшка селекциялық үлгілері жоғары тауарлық қабілеттілігімен (99-100%) және қалдықтардың аз болуымен сипатталды. Крахмалдың ең көп мөлшері түрлі-түсті түйнекті Травник сортында - 17,71%-ды және 18-7-1 селекциялық үлгіде - 17,46%-ды көрсетті. Олюшка мен Танюша селекциялық үлгілері және Black Beauty, Xisen 6, Xisen 1, Gala сорттары құрамында крахмалдың ең аз мөлшері 9,88-12,73% анықталды.

Қорытынды. 2024 жылы Қостанай облысының топырақ-климаттық жағдайында Xisen 1 сорты және Олюшка селекциялық үлгісінде С дәруменінің мөлшері, түйнектерінің өнімділігі мен тауарлығы және құрамында крахмал мөлшерінің төмендігі бойынша ең перспективті болып танылды.

Кілт сөздер: картоп; сорт; селекциялық үлгі; түйнектер; түрлі-түсті түйнектері; крахмал.

Comparative assessment of new varieties and breeding lines of potatoes with pigmented tuber flesh in the conditions of Kostanay region

Vadim T. Khasanov, Ekaterina M. Yekaterinskaya, Alexander I. Sidorik,
Andrey S. Udovitsky, Elena V. Rogozina, Vladimir I. Semeykin

Abstract

Background and Aim. This article presents the results of variety testing of domestic and foreign potato breeding material at the “Terra farm”, a potato-growing enterprise of the Kostanay region. Establishing a virus-free collection and developing planting material can serve as a successful starting point for introducing colored potatoes into the breeding and primary seed production of potatoes in Kazakhstan. This would provide a ready-made solution for subsequent commercialization. The purpose of this research is to evaluate potato varieties and hybrids with pigmented flesh from domestic and foreign breeding programs in the Kostanay region and identify promising potato samples.

Materials and Methods. The phenological observations, virus infection assessment, yield accounting and structure, starch content, dry matter content, and vitamin C content for 2024 are presented.

Results. High yields were recorded for the Columba potato variety (57 t/ha) and the breeding line 18-7-1 (54 t/ha). Olyushka, with a yield of 32,4 t/ha, exceeded the Red Rose (St) colored pulp variety by 4,6 t/ha, but was inferior to the Kira (St) variety by 2,1 t/ha. The purple-fleshed varieties Black Beauty and Xisen 8 had the lowest yields at 17,0 t/ha and 16,1 t/ha, respectively, significantly below the standard varieties in their ripeness groups: Gala (49,9 t/ha) and Red Rose (27,8 t/ha).

Potato varieties Kira, Black Beauty, Gala, Columba, Xisen 1, Xisen 6 and breeding lines 18-7-1 and Olyushka were characterized by high marketability (99-100 %) and minimal waste generation.

The Travnik variety with colored pulp showed the highest amount of starch (17,71 %) followed by 18-7-1 (17,46 %). The lowest starch content was found in breeding lines Olyushka and Tanyusha and in varieties Black Beauty, Xisen 6, Xisen 1, and Gala (9,88-12,73 %).

Conclusion. The Xisen 1 variety and the Olyushka breeding line showed the greatest potential under the soil and climatic conditions of 2024 in the Kostanay region, based on a combination of indicators: productivity, tuber marketability, vitamin C content and low starch content. The Travnik variety and 18-7-1 breeding line were characterized by a high content of dry matter and starch.

Keywords: potato; tuber; starch; pigmented flesh; variety; breeding lines.