Письма в ВАВИЛОВСКИЙ ЖУРНАЛ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ
Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding
2026 • 12 • 3 • 126-135

pismavavilov.ru
doi 10.18699/letvjgb-2026-12-16

Оригинальное исследование

Оценка наследования признака раннеспелости в гибридном потомстве картофеля

Ю.А. Гуреева [1] ✉, Е.А. Симаков [2], А.С. Батов [1], К.А. Рогалева [1]

Аннотация. Селекция раннеспелых и высокоурожайных сортов картофеля актуальна для регионов с коротким вегетационным периодом и резко континентальным климатом. Цель исследования – изучить наследование признака раннеспелости в гибридном потомстве картофеля. В качестве исходного материала для гибридизации использовали сорта различных групп спелости: ранние – Любава, Матушка, Старт, Горянка, Купец, Тимо Ханккиян; среднеранние – Гала, Самба, Кемеровчанин, Мариинский; среднеспелые – Тулеевский. Гибридизацию проводили для получения гибридных семян, из которых в дальнейшем выращивали сеянцы для получения одноклубневок. Ранняя урожайность оценивалась на 70-е сутки после посадки. Для расчета степени фенотипического доминирования (Hp) использовали формулу G.M. Beil и R.E. Atkins (1965). В качестве отцовских форм выделены сорта Гала и Тимо Ханккиян, характеризующиеся высокой фертильностью пыльцы. В качестве материнских форм выделены сорта Гала и Купец, отличающиеся высоким баллом естественного ягодообразования. Анализ фенотипического доминирования показал, что в большинстве гибридных комбинаций признак ранней урожайности наследовался по промежуточному типу (Hp = 0.4–0.8: Матушка × Старт, Старт × Тимо Ханккиян, Тулеевский × Любава, Мариинский × Самба, Купец × Гала, Гала × Купец), что указывает на аддитивное действие генов и создает благоприятные условия для селекционного отбора. В ходе анализа проявления признака раннеспелости выделилась комбинация Самба × Любава, в которой при положительном гетерозисе Hp (1.5) зафиксированы максимальная ранняя урожайность гибридного потомства (630 г/куст) и высокая степень вариации признака (20.7 %). Такое сочетание гетерозисного эффекта с повышенной изменчивостью потомства значительно расширяет возможности отбора перспективных раннеспелых форм и делает данную комбинацию одной из наиболее ценных в селекционной работе.

Ключевые слова: картофель (*Solanum tuberosum* L.); ранние сорта; раннеспелость; селекция; исходный материал; наследование признака

Для цитирования: Гуреева Ю.А., Симаков Е.А., Батов А.С., Рогалева К.А. Оценка наследования признака раннеспелости в гибридном потомстве картофеля. *Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции.* 2026;12(3):126-135. doi 10.18699/letvjgb-2026-12-16

Финансирование. Работа выполнена при поддержке бюджетного проекта ИЦиГ СО РАН № FWNR-2026-0033.

Original article

Evaluation of the inheritance of the early maturity trait in hybrid potato progeny

Yu.A. Gureeva [1] ✉, E.A. Simakov [2], A.S. Batov [1], K.A. Rogaleva [1]

Abstract. The breeding of early-maturing and high-yielding potato varieties is of particular relevance to regions with a short growing season and a sharply continental climate. The aim of this study is to investigate the inheritance of the early-maturing trait in hybrid potato progeny. Potato varieties from different maturity groups were used as starting material for hybridisation: early-maturing – Lyubava, Matushka, Start, Goryanka, Kupets, Timo Hankkian; mid-early – Gala, Samba, Kemerovchanin, Mariinsky; mid-season – Tuleevsky. Hybridisation was carried out to obtain hybrid seeds, from which seedlings were subsequently grown to produce single-tuber plants. Early yield was assessed 70 days after planting. To calculate the degree of phenotypic dominance (Hp), the formula by G.M. Beil and R.E. Atkins (1965). The varieties Gala and Timo Hankkian, characterised by high pollen fertility, were selected as paternal forms. The varieties Gala and Kupets, distinguished by a high score for natural berry set, were selected as maternal forms. Phenotypic dominance analysis revealed that in most hybrid combinations, the early yield trait was inherited in an intermediate manner (Hp = 0.4–0.8: Matushka × Start, Start × Timo Hankkijan, Tuleevsky × Lyubava, Mariinsky × Samba, Kupets × Gala, Gala × Kupets), indicating an

[1] Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия
Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding - Branch of the Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russia
[2] Федеральный исследовательский центр картофеля им. А.Г. Лорха, Московская область, г.о. Люберцы, п. Красково, Россия
Federal Potato Research Center named after A.G. Lorkha, Russia, Moscow Region, Lyubertsy, Kraskovo, Russia

✉ gureeva@bionet.nsc.ru

© Гуреева Ю.А., Симаков Е.А., Батов А.С., Рогалева К.А., 2026

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0

additive effect of genes and creating favorable conditions for selection. These combinations are highly valuable in breeding for the development of early-ripening potato varieties. Analysis of the early-ripening trait revealed the Samba × Lyubava combination, which, despite a relatively moderate Hp value (1.5), demonstrated the highest early yield of hybrid progeny (630 g/plant) and a high degree of trait variation (20.7 %). This combination of heterosis and increased progeny variability significantly expands the selection potential for promising early-ripening varieties and makes this combination one of the most valuable in breeding.
Key words: potato (*Solanum tuberosum* L.); early varieties; early maturity; selection; source material; inheritance of traits
For citation: Gureeva Yu.A., Simakov E.A., BatovA.S., Rogaleva K.A. Evaluation of the inheritance of the early maturity trait in hybrid potato progeny. *Pisma v Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektsii = Lett Vavilov J Genet Breed.* 2026;12(3):126-135. doi 10.18699/letvjgb-2026-12-16
Funding. This work was supported by the Institute of Cytology and Genetics SB RAS, project FWNR-2026-0033.

Введение

Одним из основных направлений селекции картофеля (*Solanum tuberosum* L.) в условиях Западной Сибири является создание скороспелых сортов, способных формировать стабильный и высокий урожай в условиях короткого вегетационного периода (Дергачева, 2018; Сафонова и др., 2020; Красников и др., 2023а). Резко континентальный климат региона существенно ограничивает возможности возделывания культуры. Позднеспелые сорта, как правило, не успевают полностью реализовать свой продуктивный потенциал, поскольку уборка урожая часто осложняется обильными осадками, а уже в первой декаде октября возможны заморозки и выпадение снега (Жигадло, 2022; Шабанов, Киселев, 2023).

Работа по созданию скороспелых сортов ведется в ведущих научных центрах страны. В Западной Сибири основные селекционные работы по созданию ранних сортов картофеля сосредоточены в Омском аграрном научном центре РАН (Омск), СибНИИСХиТ – филиале Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН (СФНЦА РАН, Томск), а также в Кемеревском НИИСХ – филиале СФНЦА РАН (Кемерово) и СибНИИРС – филиале ИЦиГ СО РАН (Краснообск, Новосибирская область), где разрабатывают сорта, способные максимально реализовать продуктивный потенциал в условиях резко континентального климата. В Центральном регионе ключевая роль принадлежит Федеральному исследовательскому центру картофеля имени А. Г. Лорха (ВНИИКХ, Коренево, МО), где создаются сорта с периодом вегетации 60-75 дней. На Северо-Западе и в Заполярье уникальные исследования по адаптации раннеспелых сортов к условиям Крайнего Севера и длинного светового дня проводит Полярная опытная станция ВИР (Апатиты, Мурманская область). Благодаря многолетней работе создан широкий сортимент районированных сортов, сочетающих раннеспелость с высокой продуктивностью и устойчивостью к патогенам: для Сибири и Урала – Алёна, Любава, Саровский, Антонина, Барон, Юбиляр, Триумф, Юна; для Центральной России – Метеор (один из лучших стандартов по скороспелости), Удача, Гулливер и Чароит; для северных широт – Хибинский ранний, Мурманский, Повировец и Имандра. Многие из них (Приобский, Антонина, Саровский) уже на 60-е сутки после всходов формируют товарный урожай 15–20 т/га (Черемисин, Дергачева, 2016).

При селекции на заданные цели в первую очередь необходимо уделять особое внимание подбору родительских форм и последующему отбору генотипов с желаемыми признаками (Митюшкин и др., 2024). Уровень урожайности гибридного потомства во многом определяется комбинационной способностью родительских форм (Bradshaw, 2022). Для их эффективного подбора необходим предварительный анализ гибридных комбинаций на основе оценки хозяйственно ценных признаков гибридного потомства, в том числе урожайности (Sapakhova et al., 2024). Такой подход позволяет включать в селекционную работу наиболее ценные родительские формы.

Большинство скороспелых сортов картофеля получено в результате скрещивания двух раннеспелых родительских форм или с обязательным участием хотя бы одного раннеспелого родителя. Однако селекция скороспелых сортов во многом ограничивается репродуктивными характеристиками родительских форм. Многие ранние сорта картофеля характеризуются низкой фертильностью пыльцы, слабым цветением или склонностью к опадению бутонов (Дорожкин, 2004). В связи с этим, первой задачей перед проведением гибридизации является оценка родительских форм по комплексу генеративных признаков для подбора оптимальных материнских и отцовских компонентов.

При внутривидовой гибридизации скрещивание двух ранних сортов обеспечивает получение от 40 до 80 % раннеспелых гибридов (Костина и др., 2017). Высокая результативность таких скрещиваний обусловлена накоплением рецессивных полигенов и благоприятных аллелей главного локуса на 5-й хромосоме, а отсутствие результата – сложным расщеплением в тетраплоидном геноме и влиянием второстепенных генов. Скороспелость как селекционный признак обусловлена сроком начала клубнеобразования и интенсивностью накопления массы клубней и в наибольшей степени проявляется у ранних и среднеранних сортов. Для получения раннеспелых сортов наиболее эффективно использовать в качестве родительских форм ранние сорта, при этом важно выбирать такие генотипы, которые передают гибридному потомству не только скороспелость, но и другие хозяйственно ценные признаки (Костина и др., 2020). Однако при скрещивании двух раннеспелых форм, особенно близких по генетическому происхождению, получение высокоурожайных сортов затруднено, полученные генотипы нередко характеризуются ускоренным вырождением. В связи с этим, по данным Б.Н. Дорожкина (2004), из всех типов скрещиваний наиболее перспективными для создания скороспелых сортов картофеля являются сочетания двух среднеранних родительских форм.

Признак скороспелости у картофеля контролируется совокупностью множества генов и относится к полигенным.

Локусы количественных признаков (QTL), отвечающие за срок созревания, распределены по всем 12 хромосомам. Однако многочисленные исследования показывают, что главный QTL, контролирующий скороспелость, локализован на хромосоме 5 (Li X. et al., 2018).

Ключевыми генами, определяющими сроки созревания и начало клубнеобразования, являются:

1. StCDF1 (CYCLING DOF FACTOR 1): Наиболее изученный ген на 5-й хромосоме, регулирующий реакцию растения на длину светового дня. Мутации в этом гене (в частности, аллели *StCDF1.2* и *StCDF1.3*) позволяют картофелю адаптироваться к условиям длинного дня, характерным для высоких широт, обеспечивая раннее клубнеобразование и ускоренное старение листьев (Li Q et al., 2025; Shaikh et al., 2025).
2. StSP6A (SELF-PRUNING 6A): Основной промотор клубнеобразования («тубериген»), уровень экспрессии которого напрямую влияет на сокращение периода созревания и повышение урожайности (Wang et al., 2022).
3. PARG (Гликогидролаза поли(АДФ-рибозы)): Данный ген связан с контролем фотопериода и адаптацией сортов к условиям северных регионов (Karetnikov et al., 2023).
4. Гены регуляции: в процессе ускоренного созревания также задействованы гены *StTOC1* (температурно-чувствительный репрессор), *StBEL5*, а также гены гормональных путей, такие как *StE2Fa* и *StQKY*, повышенная экспрессия которых наблюдается у скороспелых форм (Qin et al., 2026).

Характер наследования признака скороспелости осложняется тетраплоидной природой генома картофеля, что обуславливает высокую гетерозиготность и сложные частоты генетической рекомбинации. Скороспелость контролируется малыми рецессивными полигенами. Установлено, что реакция на длину дня наследуется полигенно, причем гены короткого дня часто проявляют доминирование над генами нейтрального или длинного дня. Кроме того, локусы скороспелости на 5-й хромосоме часто тесно связаны с локусами устойчивости к фитофторозу, что создает дополнительные трудности для селекции, так как наиболее устойчивые формы часто оказываются позднеспелыми (Visker et al., 2003; Li Q. et al., 2025).

Несмотря на накопленный опыт по созданию скороспелых сортов картофеля и обоснования различных схем гибридизации, вопросы наследования признака раннеспелости в гибридном потомстве остаются актуальными. Различные данные о результативности использования раннеспелых и среднеранних родительских форм свидетельствуют о сложности генетической природы данного признака и необходимости его оценки в конкретных гибридных комбинациях. Цель исследования – изучить наследование признака раннеспелости в гибридном потомстве картофеля.

Материалы и методы

Полевой опыт проведен в 2021–2024 гг., в условиях лесостепи Новосибирского Приобья в Новосибирском районе, п. Мичуринский. Лабораторные исследования по оценке фертильности пыльцы выполнены в секторе селекции семеноводства и технологии возделывания картофеля СибНИИРС – филиале ИЦиГ СО РАН.

Для селекции раннеспелых сортов картофеля в качестве исходного материала преимущественно были отобраны родительские формы ранней группы спелости, обладающие необходимыми репродуктивными и биологическими характеристиками для использования в гибридизации. К раннеспелой группе (03) относились сорта Любава, Матушка, Старт, Горянка, Купец и Тимо Ханккиян. Среднераннюю группу спелости (04) представляли сорта Гала, Самба, Кемеровчанин и Мариинский, тогда как среднеспелая группа (05) была представлена сортом Тулеевский. Выбор сортов обусловлен их высокой адаптивностью к условиям Западной Сибири.

Контролируемые скрещивания выполнены в полевом родительском питомнике (пос. Мичуринский, Новосибирский район) в 2021 г. Схема селекционного процесса соответствовала методике исследований по культуре картофеля (НИИКХ, 1967). В настоящем исследовании были получены 12 гибридных комбинаций с использованием 11 родительских форм.

В 2021 г была выполнена контролируемая гибридизация отобранных родительских форм в полевом родительском питомнике (пос. Мичуринский, Новосибирский район). В результате скрещиваний получены гибридные ягоды и семена, которые использовали для дальнейшего размножения и получения гибридного потомства.

В 2022 г. из семян, полученных в 2021 г., в условиях теплицы выращивали сеянцы картофеля. Полученные растения проходили индивидуальный отбор по внешним признакам (глубина глазков, длина столонов, признаки заболеваний по ботве и клубням и т.д.), после чего из них отбирались одноклубневки (по 1 клубню с каждого горшочка).

В 2023–2024 гг. проводили полевое испытание и селекционный отбор гибридного потомства в питомниках первого и второго года. В 2023 г. в полевых условиях проводили испытание одноклубневого материала (гибриды первого года) в общем объеме 968 одноклубневок по всем изучаемым комбинациям скрещивания. На 70-е сутки после посадки выполняли ручную копку растений с индивидуальным поклоновым учетом массы клубней. По результатам оценки из каждого клона отбирали по 1 типичному клубню для сохранения генотипа, а в наиболее перспективных комбинациях норму отбора увеличивали до 3–5 клубней с куста для ускоренного размножения ценного материала. В 2024 г. отобранный материал (гибриды второго года) был высажен клонами (от 1 до 5 клубней) для повторного изучения. На 70-е сутки после посадки проводили ручную копку с весовым учетом ранней урожайности каждого гибридного клона. Низкоурожайные и уродливые генотипы были выбракованы. Из высокоурожайных клонов отобрали по 5–10 клубней для формирования посадочного материала и последующего испытания в питомнике гибридов третьего года в 2025 г.

Закладку опыта, проведение учетов и оценку образцов в полевых условиях осуществляли в соответствии с методикой проведения агротехнологических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле (ФГБНУ ВНИИКХ, 2019).

Оценку ранней урожайности родительских форм проводили методом контрольной копки растений на 70-е сутки

Таблица 1. Погодные условия в годы исследований (по данным метеостанции Огурцово), 2021–2024 гг.
Table 1. Weather conditions during the study period (based on data from the Ogurtsovo weather station), 2021–2024

Месяц	Температура воздуха, °С					Количество осадков, мм				
	Сред. многолетняя	2021	2022	2023	2024	Сред. многолетние	2021	2022	2023	2024
Май	11.9	14.2	15.3	11.8	11.3	37	25.1	2.5	5.5	69.5
Июнь	17.6	16.2	19.0	19.0	19.5	55	73.1	58.8	26.1	112.9
Июль	19.5	18.8	18.5	21.6	21.6	68	22.4	47.8	62.3	80.2
Август	16.9	18.1	16.6	17.8	18.4	58	67.3	22.8	112.3	132.7

после посадки, что соответствует фазе формирования товарных клубней у сортов ранней и среднеранней групп спелости. Учет урожайности осуществляли путем выборочной выкопки растений с последующим взвешиванием клубней. Опыт закладывали в трехкратной повторности, в каждой повторности выкапывали по 5 растений (кустов). Раннюю урожайность выражали в граммах клубней с куста (г/куст) и рассчитывали, как среднее значение по выборке растений (НИИКХ, 1967).

Продолжительность цветения сортов в родительском питомнике оценивали по числу дней от начала фазы цветения до ее завершения. По интенсивности цветения сортообразцы подразделяли на три группы: с низкой (менее 5 цветков на растение), средней (5–15 цветков на растение) и высокой (более 15 цветков на растение) интенсивностью цветения; оценку проводили на 10 учетных растениях (кустах) по каждому сортообразцу. Фертильность пыльцы определяли методом окрашивания ацетокармином в соответствии с методическими указаниями по низкозатратной технологии селекционного процесса на этапах гибридизации и выращивания сеянцев (ВНИИКХ, 2009). Для определения фертильности с трех растений каждого сорта собирали по пять цветков. Естественное ягодообразование учитывали в полевых условиях визуально по всей делянке (20 растений) в конце вегетационного периода (август – первая декада сентября) по 9-балльной шкале: 1 – отсутствует, 3 – очень редкое, 5 – редкое, 6, 7 – среднее, 8 – сильное, 9 – обильное.

Статистическая обработка данных выполнена методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985) с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel. Достоверность различий между средними значениями признаков определяли по наименьшей существенной разности при 5%-м уровне значимости ($НСР_{05}$).

Для расчета степени фенотипического доминирования (Hp) использовали формулу G.M. Beil и R.E. Atkins (1965):

$$hp = (F1 – Mp) / (Pmax – Mp),$$

где F1 – среднее значение признака у потомства; Mp – среднее значение признака у родителей; Pmax – среднее значение признака у лучшего родителя.

Полученные данные интерпретировали в соответствии с типом наследования следующим образом: hp > +1.0 – положительное сверхдоминирование (положительный гетерозис); +0.5 < hp < +1.0 – положительное доминирование; –0.5 < hp < +0.5 – промежуточное наследование; –1.0 < hp < -0.5 – отрицательное доминирование; hp < –1.0 – отрицательное сверхдоминирование (отрицательный гетерозис или депрессия).

Метеорологические условия в годы исследований (2021–2024 гг.) существенно различались по температурному режиму и влагообеспеченности (табл. 1).

Метеорологические условия 2021 г. были контрастными: в мае была средняя температура 14.2 °С при дефиците осадков. В июне наблюдался пониженный температурный режим на фоне избыточного увлажнения. Июль характеризовался сильной засухой (выпало всего 22.4 мм осадков при норме 68 мм), что создавало неблагоприятные условия в период массового цветения и проведения контролируемой гибридизации. В августе температурный фон и количество осадков вновь превысили среднемноголетние значения.

В 2022 г. вегетационный период характеризовался повышенными температурами и дефицитом осадков, особенно в мае и июле, что ограничивало влагообеспеченность растений в период формирования урожая.

В 2023 г. отмечался недостаток влаги в июне при одновременном избыточном увлажнении в августе, что неблагоприятно отразилось на условиях уборки.

В 2024 г. в период вегетации наблюдалась избыточная влагообеспеченность, при которой количество осадков в июне и августе существенно превышало среднемноголетние значения, что отрицательно сказалось на развитии растений и способствовало распространению фитофтороза.

Результаты

Оценка пригодности родительских форм к гибридизации. Успешность гибридизации картофеля сильно зависит от родительских форм и их генеративных характеристик. Низкий процент удачных скрещиваний бывает по следующим причинам: неспособность некоторых генотипов к цветению, опадение бутонов и цветков на ранних стадиях, мужская стерильность пыльцы и различные формы самонесовместимости. Результативность селекционного процесса напрямую зависит от предварительного изучения и целенаправленного подбора родительских форм. Способность сорта формировать ягоды в полевых условиях является ключевым показателем его пригодности в качестве материнского растения. Для отцовского растения критическим

Таблица 2. Пригодность сортов различных групп спелости к гибридизации, среднее за 2022–2024 гг.
Table 2. Suitability of varieties from different ripening groups for hybridisation, average for 2022–2024

Сорт	Группа спелости	Фертильность пыльцы,%	Естественное ягодообразование, балл	Продолжительность цветения, сутки	Интенсивность цветения
Любава	03	82.0 ± 1.2	2.8 ± 0.4	11.3 ± 0.2	Низкая
Матушка	03	77.7 ± 1.9	7.5 ± 0.4	25.2 ± 0.2	Средняя
Старт	03	70.7 ± 0.3	5.6 ± 0.6	21.1 ± 1.0	Высокая
Горянка	03	35.0 ± 2.9	5.1 ± 0.6	16.3 ± 0.8	Средняя
Купец	03	81.0 ± 4.0	8.8 ± 0.3	11.0 ± 0.7	Средняя
Тимо Ханккиян	03	89.7 ± 3.2	7.0 ± 0.6	10.6 ± 0.9	Низкая
Гала	04	91.7 ± 0.7	9.0 ± 0.0	15.0 ± 0.9	Высокая
Самба	04	84.7 ± 1.3	4.6 ± 0.4	11.8 ± 1.1	Средняя
Кемеровчанин	04	66.7 ± 2.4	5.2 ± 0.6	13.1 ± 0.3	Средняя
Мариинский	04	67.7 ± 1.2	7.3 ± 0.4	20.7 ± 0.3	Высокая
Тулеевский	05	63.7 ± 4.1	7.3 ± 0.2	13.6 ± 0.7	Средняя

Примечание. Значения фертильности пыльцы, естественного ягодообразования и продолжительности цветения представлены как среднее ± стандартная ошибка среднего ($\bar{x}$± SE) за 2022-2024 гг. (n = 3 года). Интенсивность цветения – качественный признак, который оставался стабильным по годам.

фактором является фертильность пыльцы. Особое внимание следует уделять таким параметрам, как продолжительность и интенсивность цветения. Раннеспелые сорта картофеля характеризуются слабой интенсивностью и коротким периодом цветения. Преодоление этого биологического ограничения требует применения различных сроков посадки. Синхронизация фаз развития позволяет, например, результативно опылить раннеспелую материнскую форму пыльцой среднеспелого отцовского сорта.

Сорта картофеля различных групп спелости существенно различаются по показателям (табл. 2), определяющим их пригодность к использованию в гибридизации. Фертильность пыльцы у изученных сортов варьировала в пределах от 35.0 до 91.7 %. Наиболее высокие показатели фертильности пыльцы за три года исследования отмечены у сортов Гала (91.7 %), Тимо Ханккиян (89.7 %), Самба (84.7 %), Любава (82.0 %) и Купец (81.0 %), что свидетельствует об их высокой репродуктивной способности и целесообразности использования в качестве отцовских форм в гибридизации.

Естественное ягодообразование у изученных сортов изменялось от 2.8 до 9.0 баллов. Обильное ягодообразование (9 баллов) отмечено у сортов Гала и Купец, что указывает на их высокую способность к формированию ягод в полевых условиях. Средний уровень ягодообразования (5–7 баллов) был у большинства изученных сортов, только у раннеспелого сорта Любава ягодообразование носило единичный характер (3 балла).

Продолжительность цветения изученных сортов варьировала от 10.6 до 25.2 суток. Наиболее продолжительный период цветения отмечен у сорта Матушка (25.2 суток), Старт (21.1 суток) и Мариинский (20.7 суток), что расширяет возможности их использования в гибридизации. Минимальная продолжительность периода цветения (10.6–11.8 суток) отмечена у сортов Тимо Ханккиян, Самба, Любава и Купец.

По интенсивности цветения изученные сорта были распределены на три группы. Высокая интенсивность цветения отмечена у сортов Старт, Гала и Мариинский; средняя – у сортов Матушка, Горянка, Купец, Самба, Кемеровчанин и Тулеевский; низкая – у сортов Любава и Тимо Ханккиян. Совокупность показателей фертильности пыльцы, ягодообразования и параметров цветения свидетельствует о высокой пригодности большинства изученных сортов для использования в гибридизации при создании новых сортов картофеля.

В табл. 2 представлены средние показатели фертильности пыльцы и естественного ягодообразования изученных сортов картофеля за 2022–2024 гг. Однако в годы проведения исследований погодные условия существенно различались, что оказывало влияние на генеративную сферу растений. В связи с этим для более наглядной оценки влияния метеорологических условий дополнительно представлены данные по каждому году отдельно (рис. 1 и 2).

Изучение фертильности пыльцы показало, что ее показатели значительно изменялись по годам исследований (см. рис. 1). Наиболее низкая фертильность у большинства сортов отмечена в 2022 г., что было связано с повышенными температурами воздуха и недостатком влаги в период бутонизации и цветения. В 2023 г. при более благоприятных погодных условиях у большинства сортов наблюдалось повышение жизнеспособности пыльцы. В 2024 г. показатели фертильности оставались высокими. Из всех изученных родительских сортов картофеля низкая фертильность пыльцы отмечена только у сорта Горянка, у которого данный показатель варьировал от 24.5 до 43.8 %. Использование данного сорта в качестве отцовской формы при проведении гибридизации, вероятно, потребует многократного нанесения пыльцы для повышения эффективности опыления. Остальные изученные сорта, несмотря на различия погодных условий по годам исследований, стабильно формировали

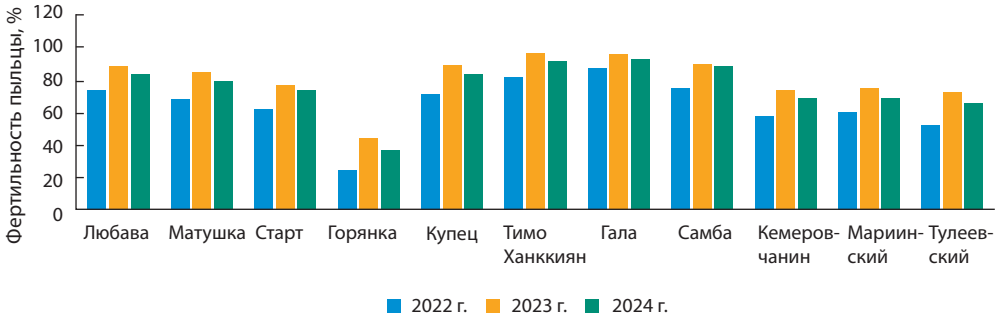


Рис. 1. Фертильность пыльцы изученных сортов картофеля по годам исследований, %.
Fig. 1. Pollen fertility of the studied potato cultivars by years of research, %.

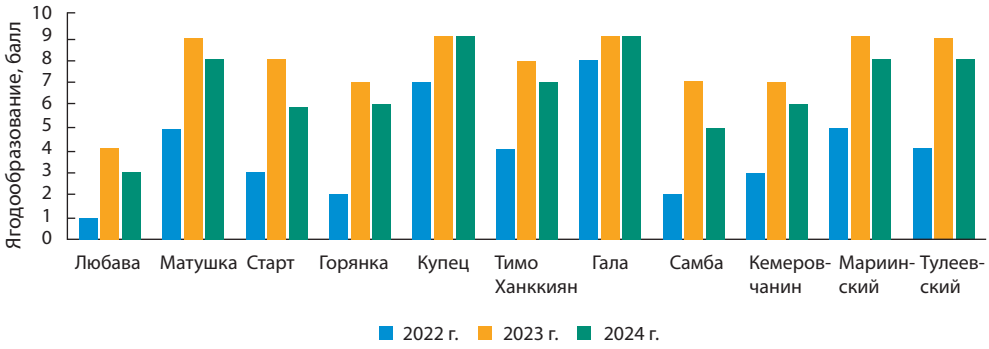


Рис. 2. Естественное ягодообразование изученных сортов картофеля по годам исследований, балл.
Fig. 2. Natural berry formation of the studied potato cultivars by years of research, score.

фертильную пыльцу и могут эффективно использоваться в качестве опылителей.

Анализ естественного ягодообразования также выявил зависимость данного признака от погодных условий вегетационного периода (см. рис. 2). В 2022 г. у большинства сортов отмечалось снижение интенсивности формирования ягод. Повышенные температуры воздуха и недостаток влаги в период цветения отрицательно влияли на процессы опыления и оплодотворения. В условиях жары у растений наблюдалось опадение бутонов, снижение фертильности пыльцы и уменьшение завязываемости ягод в полевых условиях. Наиболее низкий показатель ягодообразования в 2022 г. отмечен у сорта Любава (1 балл). В 2023 г. при более благоприятных погодных условиях показатели ягодообразования у большинства сортов существенно увеличились. В 2024 г. способность сортов к формированию ягод оставалась на достаточно высоком уровне. В целом за все годы исследований изученные родительские сорта сохраняли способность к завязыванию ягод, что свидетельствует о возможности их использования в селекционном процессе.

Для повышения эффективности гибридизации с участием сорта Любава целесообразно проводить большее количество скрещиваний что позволит повысить завязываемость ягод.

Результаты гибридизации. С использованием отобранных родительских форм гибридизацию проводили в 2021 г. В результате контролируемых скрещиваний были получены гибридные ягоды и семена (табл. 3).

Количество опыленных цветков в гибридных комбинациях варьировало от 7 до 23, при этом число завязавшихся ягод составило от 5 до 12 шт., а процент завязываемости изменялся в широких пределах – от 30.4 до 88.9 %.

Высокая завязываемость ягод отмечена в комбинациях Гала × Купец (88.9 %), Старт × Тимо Ханккиян и Любава × Гала (по 85.7 %), что свидетельствует о высокой совместимости родительских форм. Минимальные значения завязываемости наблюдали в комбинациях Самба × Любава (30.4 %), Гала × Любава (35.3 %) и Горянка × Любава (35.7 %).

Общее количество семян в ягодах варьировало от 112 до 1024 шт. Максимальное число семян получено в комбинации Любава × Гала (1024 шт.), при этом среднее количество семян на ягоду составило 170.7 шт., что указывает на высокую репродуктивную эффективность данных родительских форм.

Выявленные различия по среднему числу семян на ягоду в реципрокных скрещиваниях Купец × Гала и Гала × Купец свидетельствуют о выраженном материнском эффекте. При использовании сорта Купец в качестве материнской формы среднее количество семян на ягоду превышало 100 шт. (102.3 шт.), тогда как при обратном направлении скрещивания (Гала × Купец) данный показатель снижался до минимального значения – 14.0 штук. Полученные результаты со-

Таблица 3. Результаты гибридизации картофеля в 2021 г.
Table 3. Results of potato hybridisation in 2021

Гибридная комбинация (♀ × ♂)	Опылено цветков, штук	Число ягод, штук	Завязывание, %	Количество семян, штук	Среднее количество семян на ягоду, штук
Матушка × Старт	14	9	64.3	531	59.0 ± 11.0
Кемеровчанин × Старт	13	6	46.2	409	68.2 ± 16.5
Старт × Тимо Ханккиян	14	12	85.7	300	25.0 ± 4.1
Любава ×х Гала	7	6	85.7	1024	170.7 ± 12.9
Гала × Любава	17	6	35.3	210	35.0 ± 12.1
Горянка × Любава	14	5	35.7	183	36.6 ± 15.2
Самба × Любава	23	7	30.4	200	28.6 ± 9.9
Тулеевский × Любава	16	7	43.8	532	76.0 ± 8.5
Мариинский × Самба	17	9	52.9	508	56.4 ± 10.4
Гала × Старт	13	7	53.8	606	86.6 ± 25.3
Купец × Гала	17	7	41.2	716	102.3 ± 19.5
Гала × Купец	9	8	88.9	112	14.0 ± 13.7

гласуются с данными оценки репродуктивных показателей родительских форм, согласно которым сорт Купец характеризовался обильным ягодообразованием (9 баллов), что способствовало формированию семян в гибридных ягодах. В то же время, несмотря на высокую фертильность пыльцы сорта Гала, использование его в качестве материнской формы сопровождалось резким снижением семенной продуктивности, что подтверждает ведущую роль материнского генотипа в формировании репродуктивных показателей при гибридизации картофеля.

Относительно высокая семенная продуктивность в комбинации Гала × Старт (86.6 семян на ягоду) указывает на то, что сорт Гала, несмотря на выявленные ограничения при использовании в качестве материнской формы в отдельных комбинациях, способен формировать семена при благоприятном сочетании родительских генотипов. В данном случае сорт Старт как отцовская форма характеризовался средней фертильностью пыльцы и генетической совместимостью с сортом Гала, что обеспечило эффективное оплодотворение и последующее развитие семян. Семенная продуктивность сорта Гала в гибридизации определяется не только его индивидуальными репродуктивными особенностями, но и направлением скрещивания, а также специфичностью сочетания родительских форм.

Оценка наследования признака раннеспелости. В 2022 г. из полученных семян в тепличных условиях были выращены сеянцы. В результате визуальной оценки и браковки был проведен индивидуальный отбор, по итогам которого для полевых испытаний 2023–2024 гг. было отобрано 968 одноклубневок. Отобранные в результате одноклубневки, выращенные в 2023–2024 гг. в полевых условиях., были использованы для анализа проявления и наследования признака раннеспелости в потомстве. Оценку проводили на основе сопоставления показателей родительских форм и гибридов первого поколения с расчетом степени фенотипического доминирования (Hp), что позволило установить особенности наследования признака в различных комбинациях скрещивания. Для определения потенциала раннеспелости у гибридного потомства и родительских форм проводили контрольную копку растений на 70-е сутки после посадки, что позволило оценить уровень формирования ранней урожайности и особенности проявления признака в различных гибридных комбинациях.

Анализ ранней урожайности родительских форм показал, что на 70-е сутки после посадки данный показатель варьировал в пределах 366–623 г/куст (табл. 4). Высокой ранней продуктивностью характеризовались сорта Тимо Ханккиян (623 г/куст), Самба (594 г/куст) и Гала (465 г/куст), что свидетельствует о высоком потенциале их использования в селекции на скороспелость.

В гибридном потомстве уровень ранней урожайности превышал средние значения родительских форм и находился в диапазоне 435–630 г/куст, что свидетельствует о положительном эффекте гибридизации и наличии трансгрессивных форм. Наибольшее значение раннего урожая получено в комбинации Самба × Любава – 630.0 ± 75.3 г/куст, что существенно превышало среднее значение родительских форм (524.5 г/куст). Это указывает на высокий потенциал данной комбинации для создания скороспелых и высокоурожайных сортов картофеля, пригодных для получения ранней продукции.

Дисперсионный анализ ($НСР_{05}$ = 44.6 г) позволил оценить достоверность различий потомства с каждой из родительских форм. Достоверное превышение урожайности гибридного потомства над отцовской линией отмечено в комбинациях Самба × Любава (превышение на 175.0 г) и Гала × Любава (превышение на 45.0 г). Достоверное превышение над материнской линией отмечено в комбинациях Матушка × Старт (на 94.0 г), Старт × Тимо Ханккиян (на 105.0 г), Кемеровчанин × Старт (на 59.0 г), Тулеевский × Любава (на 49.0 г) и Купец × Гала (на 49.0 г). Сравнительный анализ реципрокных скрещиваний (Гала × Любава и Любава × Гала) показал, что достоверное превышение над отцовской линией Любава (на 45.0 г) наблюдалось только

Таблица 4. Оценка наследования признака раннеспелости в гибридном потомстве картофеля, 2023–2024 гг.
Table 4. Assessment of the inheritance of the early-maturing trait in hybrid potato progeny, 2023–2024

Гибридная комбинация (♀ × ♂)	Ранний урожай на 70-е сутки после посадки, г/куст				Коэффициент	
	♀	♂	среднее родителей	потомства	Вариации, %	Доминирования
Матушка × Старт	366.0 ± 41.2	475.0 ± 18.9	420.5	460.0* ± 32.9	12.4	0.7
Кемеровчанин × Старт	431.0 ± 15.6	475.0 ± 18.9	453.0	490.0* ± 25.2	8.9	1.7
Старт × Тимо Ханккиян	475.0 ± 18.9	623.0 ± 77.6	549.0	580.0* ± 50.5	15.1	0.4
Любава × Гала	455.0 ± 29.6	465.0 ± 45.9	460.0	475.0 ± 29.3	10.7	3.0
Гала × Любава	465.0 ± 45.9	455.0 ± 29.6	460.0	500.0^ ± 35.5	12.3	8.0
Горянка × Любава	449.0 ± 44.7	455.0 ± 29.6	452.0	485.0 ± 43.4	15.5	11.0
Самба × Любава	594.0 ± 84.1	455.0 ± 29.6	524.5	630.0^ ± 75.3	20.7	1.5
Тулеевский × Любава	386.0 ± 55.8	455.0 ± 29.6	420.5	435.0* ±35.1	14.0	0.4
Мариинский × Самба	389.0 ± 87.4	596.0 ± 84.1	492.5	530.0*^ ±40.8	16.6	0.4
Гала × Старт	465.0 ± 45.9	475.0 ± 18.9	470.0	490.0 ±33.4	11.8	4.0
Купец × Гала	411.0 ± 63.9	465.0 ± 45.9	438.0	460.0* ±33.2	12.5	0.8
Гала × Купец	465.0 ± 45.9	411.0 ± 63.9	438.0	450.0 ±33.5	12.9	0.4
$НСР_{05}$	–	–	–	44.6	–	–

* достоверность отличий ранней урожайности гибридного потомства от материнской родительской формы (♀) при уровне значимости $p \leq 0.05$;
^ достоверность отличий ранней урожайности гибридного потомства от отцовской родительской формы (♂) при уровне значимости $p \leq 0.05$.

при использовании сорта Гала в качестве материнской формы (♀). Выявлено доминирующее влияние сорта Старт как отцовской формы (♂): во всех комбинациях с его участием (с сортами Матушка и Кемеровчанин) отмечена достоверная прибавка урожайности потомства относительно материнских линий, что подтверждает его высокую комбинационную способность по данному признаку.

Оценка коэффициента вариации показала, что изменчивость признака ранней урожайности в гибридном потомстве находилась в пределах 8.9–20.7 %, что соответствует среднему и повышенному уровню вариабельности. Наибольшая вариация отмечена в комбинации Самба × Любава (20.7 %), что свидетельствует о высокой гетерогенности потомства и наличии широких возможностей для отбора перспективных гибридов с выраженным признаком раннеспелости.

Анализ степени фенотипического доминирования показал, что в большинстве изученных гибридных комбинаций признак ранней урожайности наследовался по типу промежуточного наследования, о чем свидетельствуют значения Hp в диапазоне 0.4–0.8 (Матушка × Старт, Старт × Тимо Ханккиян, Тулеевский × Любава, Купец × Гала и Гала × Купец). Особый случай промежуточного наследования выявлен в комбинации Мариинский × Самба, где средняя урожайность гибридов существенно превосходила материнскую форму (на 141.0 г) и одновременно с этим уступала высокоурожайной отцовской форме Самба (на 66.0 г). Такой характер наследования указывает на аддитивное действие генов и создает благоприятные условия для эффективного селекционного отбора по признаку раннеспелости.

В ряде комбинаций выявлено положительное доминирование и сверхдоминирование признака раннего урожая. Наиболее высокие значения Hp отмечены в комбинациях Горянка × Любава (Hp = 11.0), Гала × Любава (Hp = 8.0) и Гала × Старт (Hp = 4.0). Однако, учитывая, что фактическое превышение урожайности гибридов над лучшим родителем в этих популяциях (от 15 до 35 г) не превышает показатель $НСР_{05}$ (44.6 г), такие высокие индексы доминирования следует трактовать как следствие генетической близости родительских форм. В данных случаях минимальная разница между родителями в знаменателе формулы математически завышает коэффициент Hp, что биологически соответствует неполному доминированию или тенденции к гетерозису, требующей дальнейшего подтверждения.

Особый интерес представляет комбинация Самба × Любава, в которой при сравнительно умеренном значении Hp (1.5, положительный гетерозис) отмечены максимальная ранняя урожайность гибридного потомства (630 г/куст) и высокая степень вариации признака (20.7 %). Сочетание гетерозисного эффекта с повышенной изменчивостью потомства значительно расширяет возможности отбора перспективных скороспелых форм и делает данную комбинацию одной из наиболее ценных в селекционном отношении.

Обсуждение

Проведение гибридизации картофеля часто затрудняется слабым цветением, опадением бутонов, пониженной фертильностью пыльцы и отсутствием ягодообразования, что особенно характерно для раннеспелых сортов. Н.Ф. Синцова отмечала, что высокая жизнеспособность пыльцы и интенсивное цветение являются определяющими признаками при подборе родительских компонентов, поскольку многие хозяйственно ценные сорта отличаются пониженной

генеративной активностью (Синцова, Зубкова, 2019). Наибольшая фертильность пыльцы в опыте отмечена у сортов Гала (91.7 %), Тимо Ханккиян (89.7 %), Самба (84.7 %), Любава (82.0 %) и Купец (81.0 %). Высокие показатели фертильности пыльцы позволяют использовать выделившиеся сорта в качестве отцовских растений (опылителей). В исследованиях А.С. Батова, сорт Гала также был выделен как стабильная отцовская форма для условий лесостепи Приобья (Батов, Гуреева, 2022). Способность к естественному ягодообразованию у изученных сортов варьировала от единичного образования ягод у сорта Любава до обильного у сортов Гала и Купец. Сорт Гала в работах многих селекционеров используется в качестве материнского родителя.

Сорт Гала активно используется в селекции картофеля благодаря высокой репродуктивной способности и хорошей комбинационной совместимости. В исследованиях С.Н. Красникова с соавторами сорт Гала был выделен среди наиболее удачных материнских форм для условий Западной Сибири, обеспечивая сравнительно высокую завязываемость ягод в гибридных комбинациях (Красников и др., 2023б). В селекционных опытах, проведенных в Казахстане (Абилда и др., 2024), при использовании комбинации Гала × Ягодный 19 в одной ягоде формировалось до 87 семян. В нашем исследовании максимальная семенная продуктивность также отмечена с использованием сорта Гала. В комбинации Любава × Гала среднее количество семян на ягоду составило 170.7 шт. Полученные данные подтверждают высокую эффективность использования сорта Гала в селекционных программах как в качестве материнской, так и отцовской формы.

В работах Н.В. Дергачевой по селекции картофеля в лесостепи Западной Сибири сорт Любава официально выделен как один из ключевых сортов-источников признака раннеспелости, его использование в качестве материнской формы обеспечивает стабильную передачу генов раннего созревания потомству (Дергачева, 2018). Включение в гибридизацию среднераннего сорта Самба позволило улучшить признак ранней продуктивности у полученных гибридов.

Создание комбинации Самба × Любава как нового перспективного селекционного материала позволяет объединить в одном генотипе высокую скорость прохождения вегетационных фаз (от сорта Любава) и потенциал формирования высокого раннего урожая (от сорта Самба). Данное сочетание признаков является ключевым условием для селекции конкурентоспособных раннеспелых сортов картофеля, способных максимально эффективно использовать ограниченный вегетационный период лесостепи Западной Сибири.

Полученные результаты согласуются с данными ряда исследователей (Костина и др., 2017; Bradshaw, 2022; Sapakhova et al., 2024), указывающих на преимущественно полигенный характер наследования признака раннеспелости у картофеля. В большинстве комбинаций выявлен промежуточный тип наследования, что подтверждает аддитивное действие генов, ранее отмеченное в работах отечественных (Дорожкин, 2004; Дергачева, 2018) и зарубежных авторов (Li X. et al., 2018; Bradshaw, 2022).

Заключение

Эффективность гибридизации картофеля в значительной степени зависит от репродуктивных особенностей родительских форм. Для успешного получения гибридных ягод и семян необходимо наличие у материнской формы высокого уровня ягодообразования, а у отцовской формы – высокой фертильности пыльцы. Продолжительность и интенсивность цветения сортов различных групп спелости существенно различаются, что требует обязательного учета сроков цветения при проведении гибридизации, поскольку сбор пыльцы и опыление должны осуществляться в период, когда материнские растения еще не завершили цветение. Семенная продуктивность гибридных ягод определяется не только индивидуальными репродуктивными характеристиками родительских форм, но и направлением скрещивания, а также специфичностью их сочетания, что обусловливает различную степень эффективности гибридизации.

Анализ наследования признака ранней урожайности показал, что в большинстве изученных гибридных комбинаций наблюдался промежуточный тип наследования, что подтверждается значениями коэффициента фенотипического доминирования Hp в пределах 0.4–0.8 (Матушка × Старт, Старт × Тимо Ханккиян, Тулеевский × Любава, Купец × Гала, Гала × Купец) и свидетельствует об аддитивном действии генов. При этом в комбинации Мариинский × Самба выявлен особый случай промежуточного характера, когда гибридное потомство достоверно превзошло материнскую форму на 141.0 г и одновременно значимо уступило отцовской (на 66.0 г). Сравнительный анализ реципрокных скрещиваний выявил наличие материнского эффекта в комбинации Гала × Любава, имевшее достоверное превышение над отцовской линией на 45.0 г, в то время как сорт Старт подтвердил высокую комбинационную способность, обеспечив достоверный селекционный сдвиг во всех комбинациях своего участия в качестве отцовской формы. Наиболее удачной признана комбинация Самба × Любава, в которой при положительном гетерозисе (Hp = 1.5) отмечена максимальная ранняя урожайность гибридного потомства 630 г/куст) и высокая вариабельность признака (20.7 %), что делает ее одной из наиболее ценных для селекции скороспелых и высокопродуктивных сортов картофеля в условиях Западной Сибири.

Список литературы / References

Абилда Ж., Тойшиманов М., Дауров Д., Сидорик А., Жамбакин К. Получение межсортовых гибридов как исходного материала для селекции картофеля. *Ізденістер, Нәтижелер*. 2024;3(103):269-278. doi 10.37884/3-2024/30

[Abilda Zh., Toishimanov M., Daurov D., Sidorik A., Zhambakin K. Obtaining intervarietal hybrids as initial material for potato breeding. *Ізденістер, Нәтижелер*. 2024;3(103):269-278. doi 10.37884/3-2024/30 (in Russian)]

Батов А.С., Гуреева Ю.А. Исходный материал для селекции картофеля на продуктивность в условиях лесостепи Новосибирского Приобья. *Вестник НГАУ*. 2022;4:22-29. doi 10.31677/2072-6724-2022-65-4-22-29

[Batov A.S., Gureeva Yu.A. Source material for potato breeding for productivity in the forest-steppe conditions of Novosibirsk Priobye. *Vestnik NGAU*. 2022;4:22-29. doi 10.31677/2072-6724-2022-65-4-22-29 (in Russian)]

Дергачева Н.В. Селекция картофеля на раннеспелость в лесостепной зоне Западной Сибири. *Вестник КрасГАУ*. 2018;6(141):38-42
[Dergacheva N.V. Potato selection on early ripeness in the forest-steppe zone of Western Siberia. *Bulletin of KSAU*. 2018;6(141):38-42 (in Russian)]

Дорожкин Б.Н. Селекция картофеля в Западной Сибири: монография. Омск: Сфера, 2004
[Dorozhkin B.N. Potato breeding in Western Siberia: Monograph. Omsk: Sfera Publ., 2004 (in Russian)]

Жигадло Т.Э. Биологические особенности развития ранних сортов картофеля в условиях Мурманского региона. *Овощи России*. 2022;4:40-45. doi 10.18619/2072-9146-2022-4-40-45
[Zhigadlo T.E. Biological features of the development of early potato varieties in the Murmansk region. *Ovoshchi Rossii*. 2022;4:40-45. doi 10.18619/2072-9146-2022-4-40-45 (in Russian)]

Костина Л.И., Косарева О.С., Трускинов Э.В., Кирпичева Т.В. Коллекция селекционных сортов картофеля – источник исходного материала для селекции на продуктивность, скороспелость, устойчивость к болезням и вредителям. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020;181(2):50-56. doi 10.30901/2227-8834-2020-2-50-56
[Kostina L.I., Kosareva O.S., Truskinov E.V., Kirpicheva T.V. The collection of potato varieties as a reserve of source material for breeding for high yield, earliness, and resistance to diseases and pests. *Proc Appl Bot Genet Breed*. 2020;181(2):50-56. doi 10.30901/2227-8834-2020-2-50-56 (in Russian)]

Красников С.Н., Красникова О.В., Чагин В.В., Кадычегов А.Н. Использование сорта картофеля Ирбитский в качестве родительской формы. *Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова*. 2023a;3(45):21-25
[Krasnikov S.N., Krasnikova O.V., Chagin V.V., Kadychegov A.N. The use of the potato variety Irbitsky as a parent form. *Vestnik Khakasskogo Gosudarstvennogo Universiteta im. N.F. Katanova*. 2023a;3(45):21-25 (in Russian)]

Красников С.Н., Черемисин А.И., Согуляк С.В. Оценка продуктивности и качества новых перспективных сортов картофеля для условий Западной Сибири. *Картофель и овощи*. 20236;7:37-40. doi 10.25630/PAV.2023.80.58.005
[Krasnikov S.N., Cheremisin A.I., Sogulyak S.V. Evaluation of the productivity and quality of new promising varieties of potatoes for the conditions of Western Siberia. *Potato and Vegetables*. 2023b;7:37-40. doi 10.25630/PAV.2023.80.58.005 (in Russian)]

Методика исследования по культуре картофеля. М.: ВАСХНИЛ, 1967
[Method of research on potato culture. Moscow: VASKHNIL, 1967 (in Russian)]

Митюшкин А.В., Журавлев А.А., Симаков Е.А., Митюшкин А.Р.В., Гайзатулин А.С., Жарова В.А., Семенов В.А., Овечкин С.В. Повышение эффективности подбора родительских пар в селекции картофеля. *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2024;26(6):249-259. doi 10.35330/1991-6639-2024-26-6-249-259
[Mityushkin A.V., Zhuravlev A.A., Simakov E.A., Mityushkin A.R.V., Gayzatulin A.S., Zharova V.A., Semenov V.A., Ovechkin S.V. Improving the efficiency of the selection of parent pairs in potato breeding. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of Ras*. 2024;26(6):249-259. doi 10.35330/1991-6639-2024-26-6-249-259 (in Russian)]

Сафонова А.Д., Батов А.С., Гуреева Ю.А., Орлова Е.А. Эколого-географическое испытание картофеля ранней и очень ранней групп спелости в лесостепи Приобья. *Достижения науки и техники АПК*. 2020;34(10):56-61. doi 10.24411/0235-2451-2020-11008
[Safonova A.D., Batov A.S., Gureeva Yu.A., Orlova E.A. Ecological and geographical testing of very early-ripening and early-ripening potato varieties in the forest-steppe of the Cis-Ob region. *Achiev Sci Technol Agro-Ind Complex*. 2020;34(10):56-61. doi 10.24411/0235-2451-2020-11008 (in Russian)]

Синцова Н.Ф., Зубкова Н.Н. Эффективность скрещивания сортообразцов картофеля. В: Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве. Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2019;127-130
[Sintsova N.F., Zubkova N.N. Efficiency of crossing potato cultivar samples. In: Methods and technologies in plant breeding and crop production. Kirov, 2019;127-130 (in Russian)]

Черемисин А.И., Дергачева Н.В. Характеристика коллекции сортов картофеля по раннеспелости в условиях лесостепи Западной Сибири. *Достижения науки и техники АПК*. 2016;30(10):35-37
[Cheremisin A.I., Dergacheva N.V. Characteristics of potato cultivar collection by earliness in the forest-steppe of Western Siberia. *Achiev Sci Technol Agro-Ind Complex*. 2016;30(10):35-37 (in Russian)]

Шабанов А.Э., Киселев А.И. Эффективность ранней посадки новых сортов картофеля. *Картофель и овощи*. 2023;6:29-31. doi 10.25630/PAV.2023.71.40.002
[Shabanov A.E., Kiselev A.I. Efficiency of early planting of new potato cultivars. *Potato and Vegetables*. 2023;6:29-31. doi 10.25630/PAV.2023.71.40.002 (in Russian)]

Bradshaw J.E. A brief history of the impact of potato genetics on the breeding of tetraploid potato cultivars for tuber propagation. *Potato Res*. 2022;65(3):461-501. doi 10.1007/s11540-021-09517-w

Karetnikov D.I., Vasiliev G.V., Toshchakov S.V., Shmakov N.A., Genaev M.A., Nesterov M.A., Ibragimova S.M., Rybakov D.A., Gavrilenko T.A., Salina E.A., Patrushev M.V., Kochetov A.V., Afonnikov D.A. Analysis of genome structure and its variations in potato cultivars grown in Russia. *Int J Mol Sci*. 2023;24(6):5713. doi 10.3390/ijms24065713

Li Q., Wang Y., Gao Y., Wang Q., Niu Z., Nan X., Fan G., Sheng W. Comparative transcriptome analysis of genes related to tuberization in late and early maturing potato (*Solanum tuberosum*) cultivars. *Sci Rep*. 2025;15(1):26000. doi 10.1038/s41598-025-11875-1

Li X., Xu J., Duan S., Zhang J., Bian C., Hu J., Li G., Jin L. Mapping and QTL analysis of early-maturity traits in tetraploid potato (*Solanum tuberosum* L.). *Int J Mol Sci*. 2018;19(10):3065. doi 10.3390/ijms19103065

Qin R., Yi R., Feng J., Liang J., Bai J., Jia L. StSP6A: a key regulator integrating multiple signals for potato tuber formation. *Plant Cell Rep*. 2026;45(4):85. doi 10.1007/s00299-026-03772-2

Sapakhova Z., Abilda Z., Toishimanov M., Daurov D., Daurova A., Raissova N., Sidorik A., Kanat R., Zhambakin K., Shamekova M. Early generation selection of potato breeding lines. *Horticulturae*. 2024;10(10):1121. doi 10.3390/horticulturae10101121

Shaikh M.A., Ramírez-Gonzales L., Franco-Zorrilla J.M., Steiner E., Oortwijn M., Bachem C.W.B., Prat S. StCDF1: A '*jack of all trades*' clock output with a central role in regulating potato nitrate reduction activity. *New Phytol*. 2025;245(1):282-298. doi 10.1111/nph.20186

Visker M.H., Keizer L.C., Van Eck H.J., Jacobsen E., Colon L.T., Struik P.C. Can the QTL for late blight resistance on potato chromosome 5 be attributed to foliage maturity type? *Theor Appl Genet*. 2003;106(2):317-325. doi 10.1007/s00122-002-1021-2

Wang E., Liu T., Sun X., Jing S., Zhou T., Liu T., Song B. Profiling of the candidate interacting proteins of SELF-PRUNING 6A (SP6A) in *Solanum tuberosum*. *Int J Mol Sci*. 2022;23(16):9126. doi 10.3390/ijms23169126

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 28.01.2026. После доработки 27.05.2026. Принята к публикации 22.06.2026.