

Стабильность агрономически ценных признаков у клонов межвидовых гибридов картофеля в условиях Центрального региона европейской территории России

DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-79-89

УДК 633.491+551.583

Поступление/Received: 09.03.2021

Принято/Accepted: 10.08.2021

M. С. ХЛОПУК¹, Н. А. ЧАЛАЯ², Е. В. РОГОЗИНА^{2*}

¹Тулский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Федерального исследовательского центра «Немчиновка», 301493 Россия, Тульская обл., Плавский район, пос. Молочные двory, ул. Садовая, 7
✉ tniisx@mail.ru

²Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, 190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44
* ✉ erogozina@vir.nw.ru

Stability of agronomic traits in interspecific hybrid potato clones in the Central Region of European Russia

M. S. KHLOPYUK¹, N. A. CHALAYA², E. V. ROGOZINA^{2*}

¹Tula Research Institute of Agriculture – branch of Nemchinovka Federal Research Center, 7 Sadovaya St., Molochnye Dvory, Plavsky District, Tula Province 301493, Russia
✉ tniisx@mail.ru

²N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Street, St. Petersburg 190000, Russia
* ✉ erogozina@vir.nw.ru

Актуальность. Стабильность урожая необходима для успешного возделывания картофеля в условиях изменяющегося климата. Селекция картофеля основана на гибридизации родительских линий, комплементарных по показателям продуктивности и структуры урожая, устойчивости к стрессорам. Информация об особенностях реакций на условия окружающей среды позволяет осуществить обоснованный подбор форм для скрещивания. Цель работы – охарактеризовать межвидовые гибриды картофеля, устойчивые к возбудителям болезней и вредителям, по продуктивности, пластичности и стабильности урожая в условиях Центрального региона Европейской России.

Материалы и методы. В течение семи лет (2014–2020) 19 гибридов и сорт ‘Фаворит’ (стандарт) оценены по продуктивности, числу клубней на растении, средней массе клубня и товарности, поражению фитофторозом. Условия вегетации характеризовали с использованием ГТК – гидротермического коэффициента. Экологическую устойчивость определяли, вычисляя по методике Н. П. Скляровой и В. А. Жаровой параметры пластичности (b_j) и стабильности (σ^2).

Результаты. В годы испытаний отмечены положительные и отрицательные аномалии по тепло- или влагообеспеченности. Максимальная продуктивность получена в 2016 г. при обильных осадках и повышенной температуре, минимальная – в жарком и засушливом 2018 г. Доля влияния на продуктивность фактора «сорт» составляет 29%, фактора «год» – 38%. Выделены гибриды с продуктивностью на уровне сорта ‘Фаворит’: 117-2, 122-29, 99-6-5, 99-1-3, 99-6-6, 34-5-2003; многоклубневые: 122-29, 34-5-2003. Сорт ‘Фаворит’ – интенсивного типа, с низкой стабильностью урожая. Гибрид 135-2-2006 – интенсивного типа со стабильным урожаем, но формирует некрупные клубни и по продуктивности уступает остальным образцам. Гибрид 117-2 – экстенсивный, среднестабильный, 8-3-2004, 135-5-2005 – экологически пластичные, с высокой стабильностью урожая.

Ключевые слова: продуктивность, пластичность и стабильность урожая, тепло- и влагообеспеченность, устойчивость к фитофторозу.

Background. Yield stability is a necessary trait for sustainable potato production under climate change. Potato breeding is based on crosses between parental lines selected for a set of important traits: productivity, structural yield components, and resistance to abiotic and biotic stresses. Data on plant responses to environmental conditions allows breeders to conduct informed selection of plant forms for crossing. The objective of this work was to characterize interspecific potato hybrids in terms of their productivity, yield plasticity and stability in the Central Region of European Russia.

Materials and methods. For seven years (2014–2020), 19 hybrids and cv. ‘Favorit’ (reference) were assessed for productivity, number of tubers per plant, mean tuber weight, marketability, and resistance to late blight. Growing conditions were characterized using the hydrothermal coefficient. Environmental sustainability was determined by calculating the parameters of plasticity (b_j) and stability (σ^2) according to N. P. Sklyarova and V. A. Zharova.

Results. Positive and negative anomalies in heat or moisture supply were observed during the test years. The maximum productivity was obtained in 2016, with heavy rainfall and higher temperatures; the minimum, in the hot and dry 2018. For productivity, the effect sizes of the factors “variety” and “year” were 29% and 38%, respectively. Hybrids with yield levels close to cv. ‘Favorit’ were identified: 117-2, 122-29, 99-6-5, 99-1-3, 99-6-6, and 34-5-2003. ‘Favorit’ is an intensive-type cultivar, with low yield stability. Hybrid 135-2-2006, also of the intensive type, had a stable yield, but developed medium-sized tubers and was less productive than other accessions. Hybrid 117-2 is of the extensive type, with medium stability, while hybrids 8-3-2004 and 135-5-2005 demonstrated high environmental plasticity and yield stability.

Key words: productivity, yield stability and plasticity, heat and moisture supply, late blight resistance.

Введение

В XXI веке мировое сельскохозяйственное производство испытывает серьезное влияние изменяющегося климата – усилилась нестабильность температурного режима и осадков, изменился характер распространения вредителей и патогенов. Изменения климата, нестабильность погодных факторов оказывают заметное влияние и на картофелеводческую отрасль, для успешного функционирования которой сегодня повсеместно востребованы сорта, устойчивые к абиотическим стрессорам (Devaux et al., 2020; Hijmans, 2003; Kaukoranta, Nakala, 2008). Изменения климата на территории Российской Федерации также оказывают существенное воздействие на отрасль картофелеводства. Наблюдаемая в последние десятилетия на европейской территории России тенденция потепления существенно повлияла на проявление хозяйственно ценных признаков картофеля, в том числе на продуктивность и содержание крахмала (Novikova et al., 2017). Для российского картофелеводства сегодня необходимы сорта, сочетающие продуктивность с устойчивостью к действию абиотических и биотических стрессоров. В этой связи весьма актуально создание эффективных родительских линий с комплексом желаемых хозяйственно ценных признаков на основе гибридизации селекционных сортов с межвидовыми гибридами картофеля (Simakov et al., 2017). Селекционеры в разных регионах проводят сравнительное изучение реакций сортов и перспективных гибридов на изменение условий среды (Pakul et al., 2019; Sintsova et al., 2018; Sklyarova, Zharova, 1998).

В коллекции картофеля Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) представлен генетически разнообразный материал, в том числе уникальные межвидовые гибриды картофеля, созданные на основе различных диких и культурных клубненосных видов рода *Solanum* L. Фитопатологическая оценка и молекулярно-генетический анализ с использованием ДНК-маркеров генов, контролирующих устойчивость картофеля к возбудителям болезней и вредителей, выполнен для 60 клонов межвидовых гибридов

(Rogozina et al., 2019, Rogozina et al., 2021). У межвидовых гибридов идентифицированы ДНК-маркеры генов, контролирующих устойчивость картофеля к фитофторозу *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary: *R1*, *R2/Rpi-blb3*, *R3a*, *R3b*, *RB/Rpi-blb1*, *Rpi-blb2* и *Rpi-vnt1.3*, генов *H1* и *Gro1.4*, контролирующих устойчивость к нематоде *Globodera rostochiensis* (Wollenweber) Skarbilovich, патотип *Ro1*, гена *Ry_{adg}* – иммунитет к вирусу картофеля Y (YBK), и гена *Sen1* – устойчивость к раку картофеля *Synchytrium endobioticum* (Schilbersky) Percival. Для использования межвидовых гибридов в селекции в качестве родительских линий необходима их характеристика по множеству показателей, среди которых продуктивность – один из важнейших признаков. Продуктивность картофеля – сложный полигенный признак, проявление которого является результатом реализации конкретного генотипа в определенных условиях среды (Slater et al., 2014). При возделывании в неблагоприятных и нестабильных условиях среды сорта обеспечат получение гарантированного урожая.

Цель данной работы – оценить продуктивность и экологическую пластичность клонов межвидовых гибридов картофеля из коллекции ВИР в условиях Центрального региона европейской части России.

Материал и методы

Исследовали 19 гибридных клонов, созданных на основе образцов коллекции генетических ресурсов растений ВИР и рекомендованных для селекции с использованием маркер-вспомогательного отбора. Клоны межвидовых гибридов устойчивы к фитофторозу, глободерозу, раку картофеля и вирусу картофеля Y, охарактеризованы на наличие ДНК-маркеров генов устойчивости (табл. 1). В исследование в качестве контроля включен сорт 'Фаворит' (селекции Федерального исследовательского центра картофеля имени А.Г. Лорха), среднеспелый, предназначенный для столовых целей и переработки, допущенный к выращиванию в Центральном регионе европейской части России (State Register..., 2020).

Таблица 1. Происхождение и характеристика межвидовых гибридов картофеля

Table 1. Pedigree and description of interspecific potato hybrids

Номер гибрида	Происхождение	Устойчивость к возбудителям болезней и вредителям	Идентифицирован ДНК маркер/ген (Rogozina et al., 2018; Rogozina et al., 2021)
99-6-5	90-6-2 × Hertha	КУ/ЕР к YBK, У/Р к <i>G. rostochiensis</i>	TG689/ <i>H1</i> , 57R/ <i>H1</i> , N195/ <i>H1</i> , NL25/ <i>Sen1</i> , R2-1137/ <i>R2=Rpi-blb3</i> , R3b-378/ <i>R3b</i> , R8-1259/ <i>R8</i> , RB-226/ <i>Rpi-blb1=Rpi-sto1</i> , <i>Rpi-vnt1.3-612/Rpi-vnt1.3</i>
99-6-6	90-6-2 × Hertha	КУ/ЕР к YBK, У/Р к <i>G. rostochiensis</i>	TG689/ <i>H1</i> , 57R/ <i>H1</i> , N195/ <i>H1</i> , NL25/ <i>Sen1</i> , R1-1205/ <i>R1</i> , R2-1137/ <i>R2=Rpi-blb3</i> , R3a-1380/ <i>R3a</i> , R3b-378/ <i>R3b</i> , RB-226/ <i>Rpi-blb1=Rpi-sto1</i> , <i>Rpi-vnt1.3-612/Rpi-vnt1.3</i>
52-8	Загадка Питера × 99-6-6	У/Р к <i>S. endobioticum</i> , ПУ/FR к YBK, УУ/MR к колорадскому жуку	Не определены
138-3-2006	Загадка Питера × 97-155-1	СЧ/HS к YBK, У/Р к <i>S. endobioticum</i>	NL25/ <i>Sen1</i>

Таблица 1. Окончание

Table 1. The end

Номер гибрида	Происхождение	Устойчивость к возбудителям болезней и вредителям	Идентифицирован ДНК маркер/ген (Rogozina et al., 2018; Rogozina et al., 2021)
99-1-3	93-5-22 × Hertha	У/Р к <i>YBK</i> , У/Р к <i>S. endobioticum</i>	NL25/ <i>Sen1</i>
99-4-1	180-1 × Hertha	УУ/MR к фитофторозу	R1-1205/ <i>R1</i> , R3b-378/ <i>R3b</i>
88-2	180-1 × Hertha	У/Р к <i>YBK</i> , У/Р к <i>G. rostochiensis</i> , У/Р к <i>S. endobioticum</i>	Не определены
117-2	Atzimba × <i>S. alandiae</i> к-21240	У/Р к <i>G. rostochiensis</i> , УУ/MR к фитофторозу	57R/ <i>H1</i> , N195/ <i>H1</i> , R2-1137/ <i>R2=Rpi-blb3</i> , R3b-378/ <i>R3b</i> , R8-1259/ <i>R8</i> , Rpi-vnt1.3-612/ <i>Rpi-vnt1.3</i> , Rpi-blb2-976/ <i>Rpi-blb2</i>
135-1-2006	Свитанок Киевский × 24-2	У/Р к <i>S. endobioticum</i> , УУ/MR к фитофторозу	R2-1137, R2-686, Rpi-blb3-305/ <i>R2=Rpi-blb3</i> , R3a-1380/ <i>R3a</i> , R3b-378/ <i>R3b</i> , Rpi-vnt1.3-612/ <i>Rpi-vnt1.3</i>
135-2-2006	Свитанок Киевский × 24-2	У/Р к <i>G. rostochiensis</i> , У/Р к <i>S. endobioticum</i> , УВ/MS к фитофторозу	57R/ <i>H1</i> , N195/ <i>H1</i> , NL25/ <i>Sen1</i> , R1-1205/ <i>R1</i> , R2-1137/ <i>R2=Rpi-blb3</i> , R3a-1380/ <i>R3a</i> , R3b-378/ <i>R3b</i> , RB-226/ <i>Rpi-blb1=Rpi-sto1</i>
134-6-2006	24-2 × Свитанок Киевский	У/Р к <i>G. rostochiensis</i> , УУ/MR к фитофторозу	TG689/ <i>H1</i> , 57R/ <i>H1</i> , N195/ <i>H1</i> , R3a-1380/ <i>R3a</i> , R3b-378/ <i>R3b</i> , R8-1259/ <i>R8</i> , Rpi-vnt1.3-612/ <i>Rpi-vnt1.3</i>
25-2-2007	Елизавета × 24-1	СЧ/HS к <i>YBK</i> , УВ/MS к фитофторозу	R1-1205/ <i>R1</i> , R3b-378/ <i>R3b</i> , R8-1259/ <i>R8</i> , Rpi-vnt1.3-612/ <i>Rpi-vnt1.3</i> , Rpi-blb2-976/ <i>Rpi-blb2</i>
122-29	88-59-2 × 90-21-1	ПУ/FR к <i>YBK</i>	Не определены
34-5-2003	97-162-2 × 190-4	СЧ/HS к <i>YBK</i> , УУ/MR к фитофторозу	R8-1259/ <i>R8</i> , Rpi-blb2-976/ <i>Rpi-blb2</i>
167-1-2008	159-31 × Латона	У/Р к <i>S. endobioticum</i> , УУ/MR к колорадскому жуку	TG689/ <i>H1</i> , NL25/ <i>Sen1</i>
135-3-2005	<i>S. okadae</i> к-20921 × <i>S. chacoense</i> к-19759	У/Р к <i>YBK</i> , У/Р к <i>G. rostochiensis</i> , У/Р к <i>S. endobioticum</i> , УВ/MS к фитофторозу	57R/ <i>H1</i> , N195/ <i>H1</i> , RYSC3-320/ <i>Ryadg</i> , R2- 1137, R2-686, Rpi-blb3-305/ <i>R2=Rpi-blb3</i> , R8-1259/ <i>R8</i> , Rpi-blb2-976/ <i>Rpi-blb2</i>
135-5-2005	<i>S. okadae</i> к-20921 × <i>S. chacoense</i> к-19759	У/Р к <i>YBK</i> , У/Р к <i>G. rostochiensis</i> , У/Р к <i>S. endobioticum</i> , УВ/MS к фитофторозу	57R/ <i>H1</i> , N195/ <i>H1</i> , RYSC3-320/ <i>Ryadg</i> , R8-1259/ <i>R8</i> , Rpi-blb2-976/ <i>Rpi-blb2</i>
8-3-2004	<i>S. okadae</i> к-20921 × <i>S. chacoense</i> к-19759	У/Р к <i>YBK</i> , У/Р к <i>G. rostochiensis</i> , У/Р к <i>S. endobioticum</i>	57R/ <i>H1</i> , N195/ <i>H1</i> , RYSC3-320/ <i>Ryadg</i> , R8-1259/ <i>R8</i> , Rpi-blb2-976/ <i>Rpi-blb2</i>
8-8-2004	<i>S. okadae</i> к-20921 × <i>S. chacoense</i> к-19759	У/Р к <i>YBK</i> , У/Р к <i>G. rostochiensis</i> , У/Р к <i>S. endobioticum</i>	57R/ <i>H1</i> , N195/ <i>H1</i> , RYSC3-320/ <i>Ryadg</i>

Примечание: КУ – крайняя устойчивость; СЧ – сверхчувствительность; У – устойчивость; УУ – умеренная устойчивость; ПУ – полевая устойчивость; УВ – умеренная восприимчивость

Note: ER – extreme resistance; HS – hypersensitivity; R – resistance; MR – medium resistance; FR – field resistance; MS – medium susceptibility

Гибриды и сорт 'Фаворит' изучали в течение семи лет (2014–2020 гг.) на опытном поле отдела семеноводства Тульского научно-исследовательского института сельского хозяйства (теперь филиал ФИЦ «Немчиновка»). Почва – хорошо окультуренный, выщелоченный, среднесильный, среднесуглинистый чернозем. Агрохимические показатели почвенного плодородия: P_2O_5 – 19–21 мг/100 г; K_2O – 11,2–12,2 мг/100 г; сумма поглощенных оснований – 39,2–39,8 ммоль/100 г; pH – 5,2–5,6; гумус – 5,3–5,8%. Предшественник картофеля – озимая пшеница или озимая тритикале. Агротехника традиционная для Тульской области. Учеты проводили в соответствии с общепринятой методикой (Kiru et al., 2010; Methodological guidelines..., 1981; Methodology for state..., 1985). Данные о температуре воздуха и количестве осадков получены на метеорологической станции 2 разряда Плавск, расположенной в поселке Молочные дворы, географические координаты – 53°65' с. ш., 37°23' в. д.

Условия вегетации характеризовали с использованием ГТК – гидротермического коэффициента (Rudenko, Kovalchuk, 1971). Оценивали продуктивность ($кг/м^2$) и элементы структуры урожая: число клубней на растении (шт.), среднюю массу клубня (г) и товарность (%) – отношение массы товарных клубней (весом 40 г и более) к общей массе клубней. Экологическую пластичность определяли по методике, представленной в работе Н. П. Склярковой и В. А. Жаровой (Sklyarova, Zharova, 1998). Вычисляли b_1 – коэффициент линейной регрессии урожайности при градации экологических условий (по годам) и σ^2 – дисперсию отклонений фактической урожайности от теоретически возможной урожайности. Статистическую обработку данных выполняли в программах Excel и Statistica 13 StatSoft Russia.

Результаты

Агрометеорологические условия вегетационных периодов 2014–2020 гг.

Агрометеорологические условия вегетационных периодов в течение семи лет (2014–2020) испытаний были крайне нестабильными и малоблагоприятными для получения высоких урожаев картофеля с хорошими потребительскими качествами.

В 2014 г. отмечено преобладание сухой и жаркой погоды во вторую половину вегетации. Запасы продуктивной влаги в слое 0–50 см со II декады мая были недостаточными, а с I декады июля и в августе – плохими, что отрицательно сказалось на росте, развитии и продуктивности картофеля. Среднесуточные температуры воздуха в период клубнеобразования (июль – август) превышали средние многолетние значения при остром дефиците осадков (рис. 1, 2), что вызвало угнетение растений в результате засухи. Отмечались слабое увядание и потеря тургора в послеполуденный период практически на всех испытываемых сортах и гибридах.

В 2015 г. запасы продуктивной влаги в слое 0–20 см были недостаточными в период всходов. Осадки со II декады июня по II декаду июля способствовали росту вегетативной массы. Цветение и клубнеобразование проходило при хорошей влагообеспеченности. Но почти ежедневные моросьщие дожди и высокие температуры создали условия для развития альтернариоза.

В 2016 г. в период вегетации выпало аномальное количество осадков (см. рис. 1), наибольшее за весь период метеонаблюдений в ТулНИИСХ (с 1994 г.). Сумма осадков составила 871,5 мм (137% от средней многолетней вели-

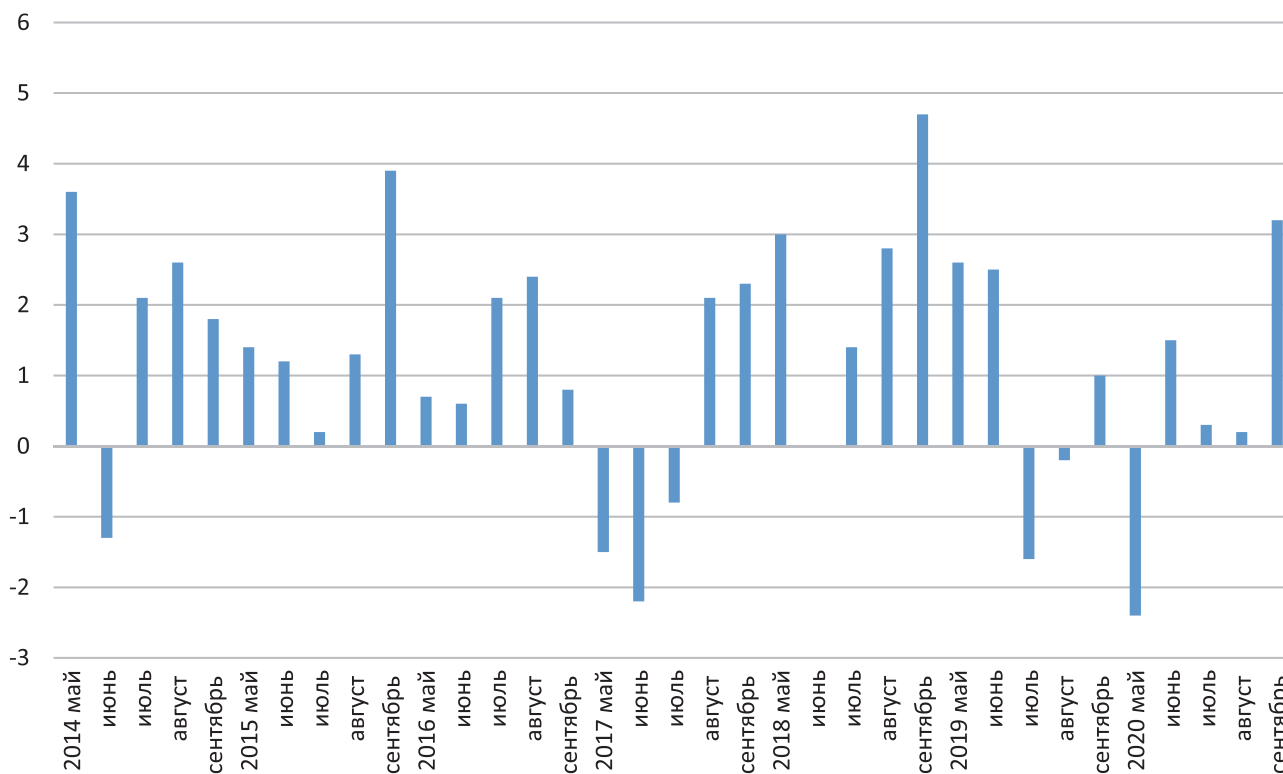


Рис. 1. Отклонения среднемесячных температур воздуха (°C) в периоды вегетации картофеля от климатической нормы для Тульской области

Fig. 1. Mean monthly air temperature (°C) deviations from the climate normal during the potato growing seasons in Tula Province

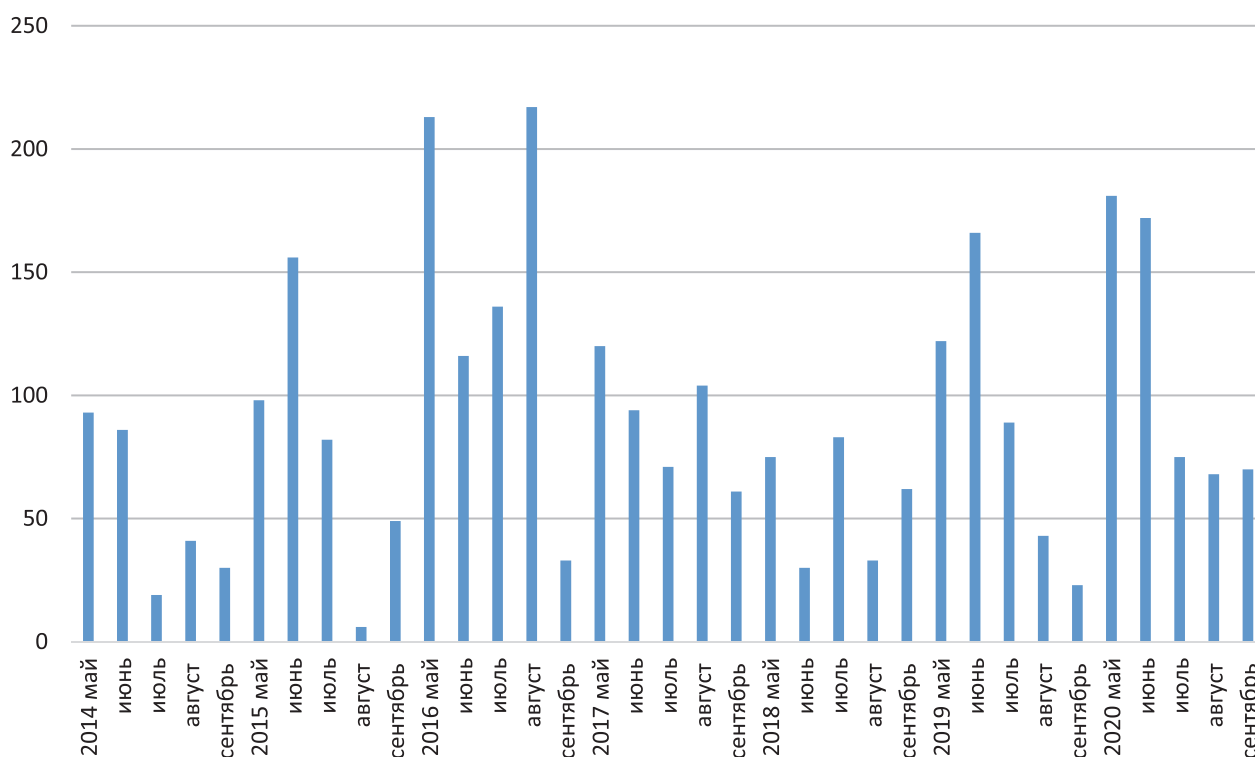


Рис. 2. Отклонения количества атмосферных осадков (%) в периоды вегетации картофеля от климатической нормы для Тульской области

Fig. 2. Rainfall (%) deviations from the climate normal during the potato growing seasons in Tula Province

чины). Интенсивные ливневые дожди сопровождались сильным ветром и градом, привели к переувлажнению и уплотнению почвы. Теплая и влажная погода благоприятствовала появлению и интенсивному развитию грибных болезней на растениях картофеля.

В 2017 г. вегетационный период отличался недобором тепла и солнечного сияния. Распределение осадков было неравномерным: обильные осадки выпали в самые холодные периоды – со II декады мая по I декаду июня, когда средняя температура воздуха была на 4,2–3,8°C ниже многолетних значений (см. рис. 1, 2). Продолжительность солнечного сияния с мая по август составила 43–55% от возможного. Сумма активных температур (> +10°C) за май – сентябрь составила 2259°C, то есть была на 132°C меньше, чем в 2016 г. Дождливая пасмурная погода благоприятствовала появлению и интенсивному развитию грибных болезней на картофеле.

Вегетационный период 2018 г. характеризовался существенным недобором осадков (см. рис. 2). Количество осадков в мае составило 35,6 мм (79% нормы) при температуре воздуха на 3,0°C выше средних многолетних значений (см. рис. 1, 2). Температура воздуха в июле, августе и сентябре превышала средние многолетние значения на 1,0–4,0°C, осадков выпало 83–33% от нормы.

Вегетационный период 2019 г. существенно отличался от предшествующих лет испытанием наступлением весны на две недели раньше обычного. Осадков за летний период выпало 296 мм (129% нормы). Прохладная температура во вторую половину вегетации способствовала появлению и быстрому распространению фитофтороза.

Вегетационный период 2020 г. отличался продолжительной прохладной и дождливой весной. Средняя температура воздуха за летний период составила +18,3°C (на

1,1°C выше средней многолетней). После обильных дождей в мае и июне (более 150% средних многолетних значений) в два следующих месяца осадки выпадали в виде морозящих дождей, частые туманы и прохладная погода в конце июля способствовали развитию фитофтороза и макроспориоза.

В целом вегетационные периоды 2014–2020 гг. характеризовались разнообразием погодных условий, ежегодно отмечены положительные и отрицательные аномалии по тепло- и влагообеспеченности.

Продуктивность и элементы структуры урожая

Продуктивность гибридов картофеля и сорта 'Фаворит' варьировала в годы испытаний. Доля влияния фактора «год» составляет 38%, наибольшее влияние условия среды оказывали на продуктивность (27%) и число клубней на растении (25%), в меньшей степени – на товарность (15%). Доля влияния генотипа (фактор «сорт») составляет 29%, наибольшее влияние генотип оказывает на среднюю массу клубней (26%).

В среднем по опыту в зависимости от года испытания статистически значимы различия в продуктивности ($F = 9,63$; $p < 0,001$), числу клубней на растении ($F = 8,58$; $p < 0,001$) и товарности ($F = 5,07$; $p < 0,001$). Наибольшая продуктивность в среднем по опыту получена в 2016 г., наименьшая – в 2018 (табл. 2). На основе значений ГТК 2016 и 2020 г. характеризуются избыточным увлажнением, 2014 и 2018 – засушливостью, 2015, 2017 и 2019 – достаточной влагообеспеченностью. Высокая чувствительность картофеля к повышенным температурам и недостатку влаги объясняет минимальную величину средней продуктивности по опыту в 2018 г. (см. табл. 2). В 2016 г. небольшое (0,5–2,0°C) превышение температуры возду-

Таблица 2. Условия вегетации и продуктивность картофеля в 2014–2020 гг. в ТулНИИСХ, пос. Молочные дворы

Table 2. Weather conditions and potato productivity during the growing seasons of 2014-2020, Tula Research Institute of Agriculture, Molochnye Dvory Settlement

Год	Условия среды		Продуктивность и элементы структуры урожая						
	ГТК	Индекс среды	Продуктивность, кг/м ²	V, %	Число клубней, шт.	V, %	Масса клубня, г	V, %	Товарность, %
2014	0,73	0,27	3,44 ^{аб}	22	12,4 ^{аб}	20	71,3	23	83 ^а
2015	1,17	0,05	3,22 ^{бв}	<u>26</u>	13,1 ^{аб}	23	63,4	27	82 ^а
2016	2,19	0,68	3,84^а	15	14,2^а	25	70,0	24	84 ^а
2017	1,41	0,17	3,34 ^б	17	11,9 ^б	<u>36</u>	76,1	<u>29</u>	85 ^а
2018	0,72	-0,83	2,34 ^г	<u>26</u>	8,6 ^б	20	69,6	27	86 ^а
2019	1,44	0,02	3,19 ^{бв}	18	11,7 ^б	15	69,5	22	84 ^а
2020	1,83	-0,33	2,84 ^{бв}	<u>28</u>	9,4 ^б	<u>34</u>	82,6	<u>41</u>	73 ^б

Примечание: ГТК – гидротермический коэффициент, V – коэффициент вариации (%); одинаковыми буквами обозначены значения, отличающиеся незначительно при $p < 0,05$

Note: ГТК – hydrothermal coefficient; V – coefficient of variation (%); the same letters denote values that differ insignificantly at $p < 0.05$

ха вместе с избыточным количеством осадков обеспечили высокую продуктивность растений картофеля. В 2017 и 2019 г. при достаточной влагообеспеченности наблюдалась нехватка тепла, что привело к недобору урожая (см. табл. 2 и рис. 1, 2). В 2014 г. недобор тепла в начальный период вегетации не стал критичным для растений, а последующее повышение температуры, даже при дефиците осадков, позволило получить неплохой урожай. Вариация между изучаемыми образцами картофеля по продуктивности была средней в 2016, 2017 и 2019 г., в остальные годы испытаний – значительной (см. табл. 2).

В целом, оценивая влияние климатических особенностей периода вегетации на продуктивность, можно сделать вывод, что гибриды картофеля наиболее чувствительны к действию высоких температур при недостатке влаги (2018 г.) и недостатку тепла при избыточном увлажнении (2020 г.).

Наибольшее число клубней на растении в среднем по опыту получено в 2016 г., наименьшее – в 2018 и 2020 г. Изменчивость по числу клубней на растении была средней в 2019 г., в остальные годы – значительной. По средней массе клубня в опыте достоверных различий в зависимости от года испытаний не выявлено, изменчивость по массе клубней между гибридами картофеля на протяжении всего периода испытаний значительная, наибольшая – в 2020 г. (см. табл. 2). Товарность (доля клубней массой 40 г и более) стабильно составляла 82–86% в первые шесть лет испытаний и достоверно понизилась в 2020 г. Невысокий показатель товарности (за все годы испытаний в среднем по опыту не превышавший 86%) отражает общую особенность межвидовых гибридов картофеля: формирование гнезда с большим количеством некрупных клубней.

В среднем по опыту продуктивность картофеля в годы испытаний зависела от числа клубней на растении ($r = 0,55$; $p < 0,05$) и в меньшей степени – от массы клубней ($r = 0,34$; $p < 0,05$). Установлена отрицательная связь числа клубней и средней массы одного клубня ($r = -0,53$; $p < 0,05$).

В 2014, 2015 и 2018 г. во второй половине июля отмечено массовое появление и развитие на листьях растений картофеля альтернариоза – *Alternaria solani* Sorauer (syn. *Macrosporium solani* Ellis et G. Martin). В наибольшей степени восприимчивы к заболеванию гибриды 99-6-5, 99-1-3, 135-1-2006 и 167-1-2008, у которых к началу августа отмечено поражение более 50% площади листовой поверхности. У гибридов 52-8, 99-4-1 и 99-6-6 до окончания вегетации не отмечено признаков поражения альтернариозом.

В 2016, 2017, 2019 и 2020 г. погодные условия способствовали поражению растений фитофторозом. Быстрое развитие заболевания отмечено в 2016 и 2020 г. и замедленное – в 2017 и 2019 г. Шесть гибридов: 99-6-5, 99-6-6, 99-1-3, 99-4-1, 52-8 и 8-8-2004 не были поражены фитофторозом, поражение листьев отмечено у сорта 'Фаворит' и остальных гибридов.

У гибридов 138-3-2006, 34-5-2003, 117-2, 8-3-2004 и 135-3-2005 в послеуборочный период отмечено 2,4–17,4% клубней, пораженных фитофторозом. Эпифитотия фитофтороза в 2020 г привела к быстрому (за семь дней) уничтожению наземной части растений. Прекращение поступления пластических веществ в клубни стало причиной существенного недобора урожая, сопоставимого с недобором в засушливом 2018 г. (см. табл. 2). Неравномерное поступление осадков в течение вегетационного периода в 2014, 2015 и 2017 г. привело к появлению физиологических (ростовых) трещин у гибридов 99-6-5, 122-29, 117-2, 34-5-2003 и 167-1-2008.

Изученные образцы картофеля различаются по реакции на условия среды. Максимальная продуктивность сорта 'Фаворит' (5,2 кг/м²), гибридов 99-6-5 (4,7 кг/м²) и 34-5-2003 (4,5 кг/м²) отмечена в 2015 г., гибрида 122-29 (5,1 кг/м²) и 99-1-3 (4,8 кг/м²) – в 2016 г, гибрида 99-6-6 (4,8 кг/м²) – в 2014 г., гибрида 117-2 (4,4 кг/м²) – в 2020 г. В исследованной выборке по результатам семи-летних испытаний выделены две группы: гибриды с продуктивностью на уровне сорта 'Фаворит' и малопродуктивные (табл. 3). Средняя изменчивость продуктивности по годам (коэффициент варьирования 14–16%)

Таблица 3. Продуктивность, параметры пластичности и стабильности межвидовых гибридов картофеля
 Table 3. Productivity, plasticity and stability of interspecific potato hybrids

Сорт, гибрид	Продуктивность и элементы структуры урожая						Товарность, % Хсп ± Sx	Пластичность (b ₁)	Стабильность (σ ²)
	Продуктивность, кг\м ²		Число клубней/растение, шт.		Средняя масса клубня, г				
	Хсп ± Sx	V	Хсп ± Sx	V	Хсп ± Sx	V			
St. Фаворит	3,98 ± 0,40*	27	10,21 ± 0,83	21	101,10 ± 4,39*	11	87,4 ± 3,7*	1,5	0,83
117-2	3,59 ± 0,22*	16	9,47 ± 0,95	27	102,22 ± 15,69*	41	91,0 ± 1,8*	0,2	0,41
122-29	3,58 ± 0,34*	25	14,30 ± 2,20*	41	67,19 ± 7,00	27	80,4 ± 4,3	1,5	0,45
99-6-5	3,56 ± 0,29*	21	13,30 ± 0,81	16	68,71 ± 5,38	21	80,0 ± 3,7	0,9	0,51
99-1-3	3,49 ± 0,30*	22	10,78 ± 1,30	32	85,43 ± 8,96*	28	85,4 ± 1,3*	1,0	0,49
99-6-6	3,44 ± 0,39*	30	13,20 ± 1,31	26	65,46 ± 7,04	28	78,5 ± 3,8	1,8	0,41
34-5-2003	3,38 ± 0,36*	28	14,66 ± 1,23*	22	59,48 ± 3,37	15	71,9 ± 4,5	1,3	0,72
88-2	3,26 ± 0,25	20	10,86 ± 0,85	21	75,40 ± 3,43	12	88,0 ± 2,7*	1,2	0,21
135-1-2006	3,20 ± 0,24	20	10,93 ± 0,99	24	75,28 ± 5,43	19	85,4 ± 3,0*	0,4	0,45
99-4-1	3,15 ± 0,32	27	11,61 ± 1,68	38	71,17 ± 6,64	25	79,0 ± 4,6	0,8	0,74
167-1-2008	3,07 ± 0,34	30	11,24 ± 1,62	38	71,61 ± 5,32	20	78,2 ± 5,0	1,4	0,82
25-2-2007	3,05 ± 0,16	14	11,74 ± 1,07	24	68,10 ± 7,37	29	82,8 ± 4,3*	0,1	0,22
134-6-2006	2,98 ± 0,28	25	12,57 ± 1,76	37	63,91 ± 7,93	33	79,2 ± 1,8	1,3	0,23
52-8	2,98 ± 0,28	25	13,29 ± 1,20*	24	56,16 ± 3,13**	15	77,8 ± 3,7	1,1	0,37
8-8-2004	2,95 ± 0,33	30	11,79 ± 0,80	18	62,70 ± 5,93	25	84,2 ± 2,3*	1,0	0,72
8-3-2004	2,95 ± 0,18	16	13,18 ± 1,18*	24	57,22 ± 3,09**	14	75,6 ± 2,8	1,0	0,05
138-3-2006	2,94 ± 0,22	20	10,87 ± 1,01	25	69,36 ± 5,12	19	85,1 ± 1,4*	1,0	0,19
135-3-2005	2,93 ± 0,29	26	8,98 ± 1,15**	34	86,85 ± 10,53*	32	88,6 ± 2,7*	1,5	0,12
135-5-2005	2,56 ± 0,18**	19	8,85 ± 0,75**	22	71,46 ± 5,62	21	88,8 ± 2,1*	0,9	0,08
135-2-2006	2,44 ± 0,27**	30	10,70 ± 1,03	25	57,35 ± 4,51**	21	78,3 ± 2,8	1,5	0,08
Среднее	3,17 ± 0,07	25	11,63 ± 0,29	30	71,81 ± 1,80	30	82,3 ± 0,8	-	-
НСР 05	-	-	3,44	-	19,2	-	-	-	-

Примечание: Хсп – среднее значение показателя; Sx – ошибка среднего значения; V – коэффициент вариации (%); символами * и ** обозначены значения, отличающиеся несущественно при p < 0,05; «-» – не определен

Note: Хсп – mean value; Sx – error of the mean; V – coefficient of variation (%); * and ** denote values that differ insignificantly at p < 0,05; dash (-) means that the value was not measured

обнаружена у гибридов 117-2, 25-2-2007, 135-5-2005 и 8-3-2004, у остальных гибридов и сорта 'Фаворит' отмечена значительная изменчивость продуктивности по годам.

Особенно заметны различия в реакциях на условия среды у сорта 'Фаворит' и гибрида 117-2, которые имеют близкие значения продуктивности (см. табл. 3). В зависимости от вегетационного периода у гибрида 117-2 варьируют показатели структуры урожая: в неблагоприятном 2018 г. уменьшается число клубней на растении, но возрастает средняя масса клубня, в благоприятном 2016 г. на растении формируется больше клубней, но снижается их средний вес. Продуктивность сорта 'Фаворит' определяется количеством клубней на растении ($r = 0,95$). Уменьшение числа сформировавшихся в 2018 и 2019 г. клубней не компенсировалось увеличением их массы, средняя масса клубня сорта 'Фаворит' варьирует незначительно (см. табл. 3).

Гибриды картофеля достоверно различаются по числу клубней на растении ($F = 1,79$; $p = 0,03$), средней массе клубня ($F = 3,59$; $p < 0,001$) и товарности ($F = 2,41$; $p = 0,002$). По признаку «число клубней на растении» выделены гибриды 122-29 и 34-5-2003, формирующие в среднем по 14 клубней. По средней массе клубня (более 100 г) сорт 'Фаворит' и гибрид 117-2 достоверно превосходят остальные гибриды. Однако у сорта 'Фаворит' изменчивость показателя «средняя масса клубня» меньше, нежели чем у гибридов картофеля (см. табл. 3). Товарность более 90% отмечена у гибрида 117-2, товарность более 82% – у 10 гибридов и сорта 'Фаворит'.

Пластичность и стабильность гибридов картофеля

Показатель пластичности b_1 в исследованной выборке гибридов картофеля составляет от 0,1 до 1,8 и отражает разнообразие реакций изучаемых образцов на изменение условий выращивания (см. табл. 3). Сорт 'Фаворит' и гибриды 122-29, 99-6-6, 135-3-2005 и 135-2-2006 относятся к интенсивному типу ($b_1 = 1,5-1,9$), высокоотзывчивы на изменение факторов среды и формируют высокий урожай при максимально благоприятных условиях выращивания.

Гибриды 117-2, 135-1-2006 и 25-2-2007 ($b_1 = 0,1-0,4$) относятся к экстенсивному типу, то есть к слабо реагирующим на условия выращивания. Высокой экологической пластичностью характеризуются гибриды 99-6-5, 99-1-3, 52-8, 8-8-2004, 8-3-2004, 138-3-2006 и 135-5-2005 (b_1 около 1). При выращивании в течение семи лет, при положительных и отрицательных аномалиях тепло- и влагообеспеченности, изменение продуктивности этих гибридов соответствовало изменению условий среды (при благоприятных условиях продуктивность возрастала, при неблагоприятных снижалась).

Показатель стабильности σ^2 в исследованной выборке гибридов картофеля варьирует от 0,05–0,08 у гибридов 8-3-2004, 135-5-2005 и 135-2-2006 до 0,82–0,83 у сорта 'Фаворит' и гибрида 167-1-2008 (см. табл. 3). Наиболее стабильный урожай (σ^2 около 0) формируют гибриды с невысокой или средней продуктивностью. Более высокие показатели стабильности у сортов с невысокой продуктивностью отмечены в ранее проведенных исследованиях сортов картофеля в условиях Центрального региона (Sklyarova, Zharova, 1998). Среди высокопродуктивных гибридов выделяются 117-2, 122-29, 99-6-5, 99-1-3 и 99-6-6, которые занимают промежуточное положение

по способности давать стабильный урожай ($\sigma^2 = 0,41-0,51$).

На основании показателей пластичности и стабильности сорт 'Фаворит' характеризуется как интенсивный, с низкой стабильностью урожая. Среди гибридов выделяются: 135-2-2006 – интенсивного типа со стабильным урожаем, 122-29 и 99-6-6 – интенсивного типа со средней стабильностью урожая; 117-2 – экстенсивный, средне-стабильный и 8-3-2004 и 135-5-2005 – экологически пластичные с высокой стабильностью урожая.

Обсуждение результатов

Гибриды картофеля, рекомендованные для создания с использованием ДНК-маркеров сортов картофеля, устойчивых к фитопатогенам, оценены по продуктивности и элементам структуры урожая в течение семи лет, контрастных по тепло- и влагообеспеченности. Погодные условия периодов вегетации не были благоприятны, и потенциал продуктивности сорта 'Фаворит' и гибридов картофеля не реализован. Значимое влияние на продуктивность растений картофеля фактора «год» согласуется с данными других исследователей, полученными в разных регионах России (Pakul et al., 2019; Sintsova et al., 2018; Sklyarova, Zharova, 1998).

Гибриды, созданные в ВИР, уже на первом этапе селекции проходят тщательную оценку по хозяйственно ценным признакам, что обеспечивает у отобранных клонов сочетание продуктивности с устойчивостью к болезням и вредителям. В результате многолетних опытов в контрастных метеоусловиях установлены различия в реакции гибридных генотипов на изменения внешних факторов. Среди близкородственных гибридов, схожих по продуктивности, выделены генотипы, которые отличаются по стабильности и пластичности. Например, 99-6-6 и 99-6-5 или 135-1-2006 и 134-6-2006. Знание особенностей реакций исходного материала на изменения условий выращивания способствует обоснованному подбору родительских пар для скрещивания в практической селекции. Сведения о наличии ДНК-маркеров генов устойчивости к болезням и вредителям дают основание для проведения маркер-опосредованного отбора в потомстве.

В современном агропроизводстве, наряду с системой интенсивного хозяйства, возвращается интерес к экстенсивному земледелию. В условиях нестабильного климата выращивание сортов экстенсивного типа позволит получать гарантированный урожай при минимизации затрат на средства защиты от вредных организмов. В исследованном наборе гибридов картофеля клон 117-2, устойчивый к золотистой картофельной нематоде и фитофторозу, относится к экстенсивному типу со средней стабильностью урожая, по продуктивности не уступает сорту 'Фаворит'.

У сорта 'Фаворит' обнаружена высокая пластичность и самая низкая стабильность урожая, что означает слабую предсказуемость результатов выращивания этого сорта при изменении погодных условий. Среди 19 гибридов выявлен один – 135-2-2006 – с наиболее ценным типом реакции на изменение климатических факторов ($b_1 > 1$, σ^2 стремится к 0). При выращивании в условиях Центрального региона Европейской части России гибрид 135-2-2006 характеризуется высокой интенсивностью и стабильностью урожая, однако уступает остальным изученным образцам по продуктивности, поскольку образует некрупные клубни массой 50–60 г. Большинство ги-

бридов относятся к интенсивному типу с нестабильным или среднестабильным урожаем. Различия в реакциях на изменения климатических факторов выявлены у близкородственных гибридов. Сибсы, отобранные, как и 135-2-2006, в потомстве от скрещивания сорта 'Свитанок Киевский' с 24-1 (на основе вида *Solanum alandiae* Card.), относятся к экстенсивному типу (135-1-2006) или интенсивному типу (134-6-2006), оба со средней стабильностью урожая (см. табл. 1, 3). Из четырех гибридов, отобранных в потомстве от скрещивания *S. okadae* к-20921 × *S. chacoense* к-19759, один – интенсивного типа, три – экологически пластичные, из них два – со стабильной урожайностью (см. табл. 1, 3).

Положительные и отрицательные аномалии тепло- и влагообеспеченности в период проведения испытаний лимитировали формирование потенциально возможной продуктивности у большинства испытываемых гибридов и способствовали развитию болезней. Устойчивость к фитофторозу картофеля в период эпифитотийного развития болезни отмечена у близкородственных гибридов 99-6-5 и 99-6-6. Эти гибриды имеют пять и шесть генов устойчивости к фитофторозу соответственно, в том числе два гена широкой специфичности *Rpi-blb 1 = Rpi-sto1* и *Rpi-vnt1.3*, которые и обеспечивают надежную защиту от заболевания (см. табл. 1). Непоражаемость гибридов 99-6-6, 52-8 и 99-4-1 альтернативом, обнаруженная в ходе исследования, указывает на перспективность их изучения как источников генов устойчивости к заболеванию. Большая часть гибридов характеризуется групповой устойчивостью к патогенам: устойчивостью к вирусу картофеля Y и/или раку и золотистой картофельной нематоде (см. табл. 1). Наличие у гибридов внутригенных ДНК-маркеров или маркеров, сцепленных с генами, контролирующими устойчивость к патогенам, позволит проводить маркер-опосредованный отбор в потомстве от скрещивания этих гибридов с сортами. Для эффективного использования гибридов ВИР в селекции их характеристика дополнена сведениями о реакции генотипов на изменение погодных факторов.

Селекционный материал, созданный на основе других гибридов из коллекции ВИР и охарактеризованный по наличию ДНК-маркеров и устойчивости к неблагоприятным средовым факторам, уже используется в практической селекции по выведению сортов с высокими адаптивными свойствами в условиях Западно-Сибирского региона (Pakul et al., 2019). Разнообразие почвенно-климатических условий нашей страны и нестабильность погодных факторов определяют актуальность региональной селекции, ориентированной на создание сортов, максимально приспособленных к конкретным условиям. Полученные нами данные позволяют целенаправленно включать гибриды ВИР в скрещивания при создании сортов картофеля для Центрального региона России.

Гибриды 99-6-5 и 135-5-2005 использованы в качестве материнских форм в селекционной программе Федерального исследовательского центра ВНИИКХ имени А.Г. Лорха. Родительские пары подбирали с учетом генетической отдаленности, возрастного соотношения и возможности реализации при однократных скрещиваниях желаемых перекombинаций нескольких хозяйственно ценных признаков (Simakov et al., 2017). С учетом необходимости создания генотипов с комплементарными, взаимодополняющими признаками наибольший интерес для селекции сортов с высокой экологической устойчивостью в Центральном регионе представляют гибриды 99-6-5, 99-1-3, 8-3-2004 и 8-8-2004.

Заключение

Изучение в течение семи лет с контрастными метеорологическими условиями гибридов картофеля из коллекции ВИР выявило значимое влияние особенностей вегетационного периода на продуктивность растений. Различия в реакции близкородственных генотипов на изменения факторов среды обуславливают необходимость учета параметров пластичности и стабильности урожая при выборе родительских пар для гибридизации. Экологически пластичные гибриды 99-6-5, 99-1-3, 8-3-2004 и 8-8-2004 следует включать в селекцию по созданию сортов, адаптированных к условиям Центрального региона Российской Федерации.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0608-2019-0015 «Выявить новые стрессоустойчивые сортообразцы сельскохозяйственных культур, сочетающих высокую потенциальную продуктивность и качество семян, адаптированных к условиям северной части Лесостепной зоны и разработать элементы технологий возделывания новых сортов зерновых и зернобобовых культур для адаптивных систем земледелия в условиях Нечерноземной зоны» и согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0662-2019-0004 «Коллекции ВИР вегетативно размножаемых культур (картофель, плодовые, ягодные, декоративные, виноград) и их диких родичей – изучение и рациональное использование».

The research was conducted within the framework of State Task No. 0608-2019-0015 "To identify new stress-resistant crop varieties that combine high potential productivity and seed quality, adapted to the conditions of the northern part of the Forest-Steppe Zone, and to develop elements of technologies for the cultivation of new varieties of cereal and leguminous crops for adaptive farming systems in the environments of the Non-Black Earth Zone of Russia", and according to according to the theme plan of VIR, Project No. 0662-2019-0004 "Collections of vegetatively propagated crops (potato, fruit, berry and ornamental crops, grapes) and their wild relatives at VIR: studying and sustainable utilization".

References / Литература

- Devaux A., Goffart J.P., Petsakos A., Kromann P., Gatto M., Okello J., Suarez V., Hareau G. Global food security, contributions from sustainable potato agri-food systems. In: H. Campos, O. Ortiz (eds). *The Potato Crop. Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind*. Cham: Springer; 2020. p.3-35. DOI: 10.1007/978-3-030-28683-5_1
- Hijmans R.J. The effect of climate change on global potato production. *American Journal of Potato Research*. 2003;80:271-279. DOI:10.1007/BF02855363
- Kaukoranta T., Hakala K. Impact of spring warming on sowing times of cereal, potato and sugar beet in Finland. *Agricultural and Food Science*. 2008;17(2):165-176. DOI: 10.2137/145960608785328198
- Kiru S.D., Kostina L.I., Truskinov E.V., Zoteyeva N.M., Rogozina E.V., Koroleva L.V., Fomina V.E., Palekha S.V., Kosareva O.S., Kirilov D.A. Guidelines for the maintenance and study of the global potato collection (Metodicheskiye ukazaniya po podderzhaniyu i izucheniyu mirovoy kolleksii kartofelya). St. Petersburg: VIR;

2010. [in Russian] (Киру С.Д., Костина Л.И., Трускинов Э.В., Зотеева Н.М., Рогозина Е.В., Королева Л.В., Фомина В.Е., Палеха С.В., Косарева О.С., Кирилов Д.А. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля. Санкт-Петербург: ВИР; 2010).
- Methodological guidelines for agroecological testing of potatoes (Metodicheskiye ukazaniya po agroekologicheskomu ispytaniyu kartofelya). Moscow; Korenevo: All-Union Research Institute of Potato Farming; 1981. [in Russian] (Методические указания по агроэкологическому испытанию картофеля. Москва; Коренево: ВНИИКХ; 1981).
- Methodology for state variety testing of agricultural crops (Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya selskokhozyaystvennykh kultur). Moscow: Kolos; 1985. [in Russian] (Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва: Колос; 1985).
- Novikova L.Yu., Kiru S.D., Rogozina E.V. Valuable traits of potato (*Solanum L.*) varieties as influenced by climate change in European Russia. *Agricultural Biology*. 2017;52(1):75-83. [in Russian] (Новикова Л.Ю., Киру С.Д., Рогозина Е.В. Проявление хозяйственно ценных признаков у сортов картофеля (*Solanum L.*) при изменении климата на европейской территории России. *Сельскохозяйственная биология*. 2017;52(1):75-83). DOI: 10.15389/agrobiolgy.2017.1.75rus
- Pakul V.N., Lapshinov N.A., Gantimurova A.N., Kulikova V.I. Donors of potato (*Solanum L.*) plasticity and yield stability traits in the environmental conditions of north forest steppe of Western Siberia. *Agricultural Biology*. 2019;54(5):978-989. [in Russian] (Пакуль В.Н., Лапшинов Н.А., Гантимурова А.Н., Куликова В.И. Источники ценных признаков картофеля (*Solanum L.*) по пластичности и стабильности в условиях северной лесостепи Западной Сибири. *Сельскохозяйственная биология*. 2019;54(5):978-989). DOI: 10.15389/agrobiolgy.2019.5.978rus
- Rogozina E.V., Beketova M.P., Muratova O.A., Kuznetsova M.A., Khavkin E.E. Stacking resistance genes in multiparental interspecific potato hybrids to anticipate late blight outbreaks. *Agronomy*. 2021;11(1):115. DOI: 10.3390/agronomy11010115
- Rogozina E.V., Chalaya N.A., Beketova M.P., Biryukova V.A., Kirpicheva M.A., Kuznetsova M.A., Manankov V.V., Fadina O.A., Khlopyuk M.S., Khavkin E.E.. Catalogue of the VIR Global Collection. Issue 866. Interspecific potato hybrids resistant to disease causative agents. St. Petersburg: VIR; 2018. [in Russian] (Рогозина Е.В., Чалая Н.А., Бекетова М.П., Бирюкова В.А., Кирпичева Т.В., Кузнецова М.А., Мананков В.В., Фади́на О.А., Хлопук М.С., Хавкин Э.Е. Каталог мировой коллекции ВИР. Выпуск 866. Межвидовые гибриды картофеля, устойчивые к возбудителям болезней. Санкт-Петербург: ВИР; 2018).
- Rogozina E.V., Terentjeva E.V., Potokina E.K., Yurkina E.N., Nikulin A.V., Alekseev Ya.I. Multiplex PCR-based identification of potato genotypes as donors in breeding for resistance to diseases and pests. *Agricultural Biology*. 2019;54(1):19-30. [in Russian] (Рогозина Е.В., Терентьева Е.В., Потоккина Е.К., Юркина Е.Н., Никулин А.В., Алексеев Я.И. Идентификация родительских форм для селекции картофеля, устойчивого к болезням и вредителям, методом мультиплексного ПЦР-анализа. *Сельскохозяйственная биология*. 2019;54(1):19-30). DOI: 10.15389/agrobiolgy.2019.1.19rus
- Rudenko A.I., Kovalchuk G.N. Crop arrangement and harvests of potato in the USSR in the context of climate conditions (Razmeshcheniye posevov i urozhay kartofelya v SSSR v svyazi s klimaticheskimi usloviyami). In: *Cultivated Flora of the USSR. Vol. 9. Potato (Kulturnaya flora SSSR. T. 9. Kartoffel)*. Leningrad: Kolos; 1971. p.417-429. [in Russian] (Руденко А.И., Ковальчук Г.Н. Размещение посевов и урожай картофеля в СССР в связи с климатическими условиями. В кн.: *Культурная Флора СССР. Т. 9. Картофель*. Ленинград: Колос; 1971. С.417-429).
- Simakov E.A., Zharova V.A., Mityushkin A.V., Biryukova V.A., Rogozina E.V., Kiru S.D. The use of genetic resources to increase the efficiency of potato breeding. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2017;178(2):113-121. [in Russian] (Симаков Е.А., Жарова В.А., Митюшкин А.В., Бирюкова В.А., Рогозина Е.В., Киру С.Д. Использование генетических ресурсов картофеля для повышения эффективности селекции. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2017;178(2):113-121). DOI: 10.30901/2227-8834-2017-2-113-121
- Sintsova N.F., Sergeeva Z.F., Bashlakova O.N. Plasticity and stability of potato varieties bred by Falenki breeding station. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;65(4):54-58. [in Russian] (Синцова Н.Ф., Сергеева З.Ф., Башлакова О.Н. Пластичность и стабильность сортов картофеля селекции Фалёнской селекционной станции. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018;65(4):54-58). DOI: 10.30766/2072-9081.2018.65.4.54-58
- Sklyarova N.P., Zharova V.A. Characteristics of new potato varieties in terms of plasticity and stability (Kharakteristika novykh sortov kartofelya po parametram plastichnosti i stabilnosti). *Seleksiya i semenovodstvo = Plant Breeding and Seed Production*. 1998;(2):18-23. [in Russian] (Склярлова Н.П., Жарова В.А. Характеристика новых сортов картофеля по параметрам пластичности и стабильности. *Селекция и семеноводство*. 1998;(2):18-23).
- Slater A.T., Cogan N.O.I., Hayes B.J., Schultz L., Dale M.F.B., Bryan G.J. et al. Improving breeding efficiency in potato using molecular and quantitative genetics. *Theoretical and Applied Genetics*. 2014;127(11):2279-2292. DOI: 10.1007/s00122-014-2386-8
- State Register for Selection Achievements Admitted for Usage (National List). Vol. 1. "Plant varieties" (official publication). Moscow; Rosinformagrotekh; 2020. [in Russian] (Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). Москва: Росинформагротех; 2020). URL: https://gossortrf.ru/wp-content/uploads/2020/03/FIN_reestr_dop_12_03_2020.pdf [дата обращения: 08.06.2021].

Прозрачность финансовой деятельности / The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

The authors declare the absence of any financial interest in the materials or methods presented.

Для цитирования / How to cite this article

Хлопюк М.С., Чалая Н.А., Рогозина Е.В. Стабильность агрономически ценных признаков у клонов межвидовых гибридов картофеля в условиях Центрального региона европейской территории России. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021;182(4):79-89. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-79-89

Khlopyuk M.S., Chalaya N.A., Rogozina E.V. Stability of agronomic traits in interspecific hybrid potato clones in the Central Region of European Russia. Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2021;182(4):79-89. DOI:10.30901/2227-8834-2021-4-79-89

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы / The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация / Additional information

Полные данные этой статьи доступны / Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-4-79-89>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы / The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Авторы одобрили рукопись / The authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует / No conflict of interest

ORCID

Khlopyuk M.S. <https://orcid.org/0000-0002-0228-6925>

Chalaya N.A. <https://orcid.org/0000-0002-8515-7941>

Rogozina E.V. <https://orcid.org/0000-0002-2743-068x>