

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-148-161>

УДК [635.21:632.9] (470.6)



Результат многолетнего скрининга Генофонда картофеля на наличие болезней в условиях предгорной зоны Северного Кавказа

А.В. Любченко✉¹, Е.В. Рогозина²

¹Майкопская опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного
научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Всероссийский
институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»;
п. Подгорный, Российская Федерация
✉alexandrlyubchenko@yandex.ru

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный
исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений
имени Н.И. Вавилова»; г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация. Введение. В предгорной зоне Северного Кавказа широко распространено инфекционное вырождение картофеля. Изучение новых сортов, выявление и создание адаптивного исходного материала являются актуальными задачами для селекции картофеля. **Цель исследования.** Исследования проведены на Майкопской опытной станции – филиале ВИР в 2010-2019 гг. по основным биологическим и хозяйственно ценным признакам, по устойчивости к различным заболеваниям, вредителям и неблагоприятным условиям внешней среды. Изучено 277 образцов картофеля различного географического происхождения, полученных из коллекции ВИР. **Методы.** Исследования проводили с использованием полевых и лабораторных методов оценки образцов коллекции. Полевой метод является основным при изучении и позволяет наиболее полно дать оценку образца в различных погодно-климатических условиях. Работа выполнена в соответствии с методическими указаниями, принятыми в ВИР. **Результаты.** При анализе генетического материала картофеля одной из наиболее значимых задач является оценивание его устойчивости к разнообразию патогенов. Концепция устойчивости к вирусным инфекциям в контексте картофеля обладает сложностью, поскольку она включает как качественные, так и количественные аспекты анализа. Болезнь снижает семенные качества клубней картофеля. Заражение обуславливает различные фенотипические проявления, включая изменения цвета листьев, деформацию побегов и преждевременное старение. Климатические факторы играют значительную роль в активации и распространении фитопатогенных условий, приводящих к эпифитотиям у культивируемых растений. **Заключение.** В результате многолетнего скрининга мирового генофонда картофеля выделен ценный исходный материал с комплексом хозяйственно ценных признаков, необходимых селекционеру для выведения высокопродуктивных сортов, способных адаптироваться к широкому диапазону варьирования абиотических и биотических стрессов в условиях предгорной зоны Республики Адыгея.

Ключевые слова: предгорная зона Северного Кавказа, метеорологические условия, картофель, селекционные сорта, вирусные, грибные, фитоплазменные болезни, климатические факторы, многолетний скрининг, мировой генофонд, инфекционное вырождение, полевой мониторинг

Для цитирования: Любченко А.В., Рогозина Е.В. Результат многолетнего скрининга Генофонда картофеля на наличие болезней в условиях предгорной зоны Северного Кавказа. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(1):148-161. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-148-161>

Благодарность: работа выполнена в рамках государственного задания Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) № FGEM -2022-0004 «Совершенствование подходов и методов *ex situ* сохранения идентифицированного генофонда вегетативно размножаемых культур и их диких родичей, разработка технологий их эффективного использования в селекции».

The results of long-term screening of the potato gene pool for the presence of diseases in the conditions of the foothill zone of the North Caucasus

A.V. Lyubchenko✉, E.V. Rogozina

¹*Maikop Experimental Station – Branch of All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov; Podgorny, the Russian Federation*
✉alexandrlyubchenko@yandex.ru

²*All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov; St. Petersburg, the Russian Federation*

Abstract. Introduction. Infectious degeneration of potatoes is widespread in the foothill zone of the North Caucasus. The study of new varieties, identification and creation of adaptive source material are urgent tasks for potato breeding. **The goal of the research.** The research was conducted at the Maikop Experimental Station – Branch of VIR in 2010-2019 for the main biological and economically valuable traits, resistance to various diseases, pests and adverse environmental conditions. A total of 277 potato accessions of different geographical origin obtained from the VIR collection were studied. **The Methods.** The studies were conducted using field and laboratory methods for assessing collection accessions. The field method is the main one in the study and allows for the most complete assessment of the accession in various weather and climatic conditions. The research was carried out in accordance with the guidelines adopted at VIR. **The Results.** When analyzing the genetic material of potatoes, one of the most significant tasks is to assess its resistance to a variety of pathogens. The concept of resistance to viral infections in the context of potatoes is complex because it includes both qualitative and quantitative aspects of the analysis. The disease reduces the seed quality of potato tubers. Infection causes various phenotypic manifestations, including changes in leaf color, deformation of shoots and premature aging. Climatic factors play a significant role in the activation and spread of phytopathogenic conditions leading to epiphytotic in cultivated plants. **Conclusion.** As a result of long-term screening of the world gene pool of potatoes, valuable source material with a complex of economically valuable traits necessary for a breeder to develop highly productive varieties capable of adapting to a wide range of abiotic and biotic stresses in the conditions of the foothill zone of the Republic of Adygea has been isolated.

Keywords: foothill zone of the North Caucasus, meteorological conditions, potatoes, breeding varieties, viral, fungal, phytoplasma diseases, climatic factors, long-term screening, world gene pool, infectious degeneration, field monitoring

For citation: Lyubchenko A.V., Rogozina E.V. The results of long-term screening of the potato gene pool for the presence of diseases in the conditions of the foothill zone of the North Caucasus. *Novye*

tehnologii / New technologies. 2025; 21(1):148-161. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-1-148-161>

Acknowledgements: the research was carried out within the framework of the state assignment of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov (VIR) No. FGEM -2022-0004 “Improving approaches and *ex situ* methods for conservation of the identified gene pool of vegetatively propagated crops and their wild relatives, developing technologies for their effective use in breeding”.

Введение. Майкопская опытная станция – филиал ВИР – является держателем уникальной коллекции картофеля единственной на Юге России. Работа по изучению культуры планомерно ведется с 1932 года.

Территориально филиал расположен в предгорной зоне Республики Адыгея, в обширной долине реки Белая, на 20 км южнее Майкопа.

Под образцами коллекции находятся светло-серые горно-лесные почвы, плотной структуры, с обеднённым содержанием гумуса и демонстрирующие кислую почвенную реакцию (рН 5-6).

Регион отличается умеренно тёплым и влажным климатом. Влияние восточных ветров заметно, причём их скорость иногда достигает уровня ураганов. В начале весны и во время зим с недостаточным количеством снега эти ветра способны вызывать пыльные вихри. При наличии снега они могут приводить к образованию метелей. Активность южных циклонов приводит к западным потеплениям и интенсивным осадкам, особенно в районах, прилегающих к горам. Летом и осенью преобладание западных и восточных ветров способствует формированию устойчивой погоды. В это время циклоны,двигающиеся с запада и юга, часто несут с собой сильные ливни, порой сопровождаемые грозами и градом.

Цель. Каждый год ассортимент изучения пополняется новыми селекционными сортами и гибридами. Исследования проводились по основным биологическим и хозяйственно ценным признакам, по устойчивости к различным заболеваниям, вредителям и неблагоприятным условиям внешней среды. Главная цель исследования –

характеристика селекционных сортов картофеля на устойчивость или восприимчивость по каждому заболеванию, изученных в период с 2010 по 2019 годы в условиях предгорной зоны Республики Адыгея.

Задачи. В данном регионе ярко выражено инфекционное вырождение картофеля. Ежегодный мониторинг на жизнеспособность, а также оценка стабильности воспроизведения селекционных сортов полевой коллекции картофеля в условиях республики Адыгея на Майкопской ОС – филиал ВИР – является крайне актуальной задачей для исследования.

Материал и методы. За годы исследований прошли изучение 277 образцов картофеля. Коллекция охватывала экземпляры, происходящие из различных стран: России (89), Украины (65), Казахстана (38), Беларуси (22), Германии (21), Нидерландов (16) и др.

В качестве эталона для категории среднеспелых сортов выступал сорт Канадка, произрастающий в РФ; для ранних и среднеранних периодов созревания использовался сорт Луговской, также из России, в то время как для оценки среднеспоздних и поздних сортов применялся сорт Невский, выведенный на российской территории.

Достоверные данные по всем признакам при изучении образцов коллекции получаем по единой методике [6].

Результаты. Метеорологические условия. Весенний сезон наступает в третьей декаде марта, причем этот период отмечается значительными колебаниями температуры. Например, в марте после повышения температуры до +23,9 °С, в начале месяца, она внезапно падает до -4,4 °С. В течение

девяти дней наблюдаются условия заморозков, а снеговой покров достигает толщины в 13 см. К апрелю возможно установление сухой погоды, тем не менее в течение примерно пяти дней еще могут быть фиксированы заморозки до -2 °С.

С приходом лета в конце мая, этот сезон отмечается изменчивым гидрометеорологическим режимом, когда уровень осадков варьируется до 500 мм, распределяясь

крайне неравномерно и принимая форму коротких, интенсивных дождей. Часто в июне случаются сильные дожди, сопровождающиеся грозами и градом. Постепенно, к завершению сезона, регион становится с периодами засухи, когда влагосодержание почвы снижается до минимума, делая доступ к водным ресурсам ограниченным. Согласно таблицам 1 и 2 лето 2010 г. было жарким и засушливым.

Таблица 1. Средняя месячная температура воздуха по годам

Table 1. Average monthly air temperature by year

Год	Апрель		Май		Июнь		Июль		Август	
	t, °C	ГТК	t, °C	ГТК	t, °C	ГТК	t, °C	ГТК	t, °C	ГТК
2010	10,2	2,5	16,0	1,5	21,7	1,4	23,4	1,8	22,8	0,3
2011	8,5	3,4	14,8	3,8	18,8	2,6	23,0	0,9	20,1	0,4
2012	13,6	1,3	17,4	2,6	20,1	1,9	21,7	0,8	20,8	1,4
2013	11,8	1,2	17,8	0,3	19,2	1,7	20,6	2,2	20,7	0,9
2014	10,8	2,6	16,9	2,6	19,0	1,8	21,8	1,9	22,2	0,1
2015	8,4	4,0	15,2	1,2	19,6	3,0	20,9	1,2	21,4	0,9
2016	12,4	1,4	14,8	4,1	20,0	2,8	21,2	0,6	22,9	2,4
2017	10,3	2,7	14,6	4,2	19,1	1,2	23,4	1,1	23,2	0,6
2018	12,7	1,4	17,9	1,1	21,2	1,4	23,5	1,0	22,7	0,4
2019	10,3	2,2	17,3	1,1	22,5	0,4	20,6	1,8	21,5	0,7
ср. мн. (за 70 лет)	11,2	2,0	15,8	1,8	19,2	1,8	21,6	1,2	20,9	1,2

Примечание - градация, ГТК: до 0,5 - засуха; 0,6-1,0 - засушливо; 1,1-1,4 - умеренное увлажнение, 1,5-2,0 - хорошее увлажнение; выше 2,0 - избыточное увлажнение.

Таблица 2. Количество выпавших осадков по годам, мм

Table 2. Amount of precipitation by year, mm

Год	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сумма осадков	% к норме
2010	76,4	76,5	88,6	130,1	20,3	391,9	96,5
2011	87,2	173,5	147,3	61,1	23,4	492,5	121,3
2012	54,4	138,8	113,4	57,0	89,4	453,0	111,6
2013	44,0	17,6	98,8	143,3	57,5	361,2	89,0
2014	82,7	134,7	104,5	129,7	6,3	457,9	112,8
2015	100,9	58,3	178,5	77,6	62,3	477,6	117,6
2016	48,9	176,8	164,9	38,3	157,0	585,9	144,3
2017	81,5	184,5	67,9	71,0	41,8	446,7	110,0
2018	50,8	61,2	84,1	71,6	26,5	294,0	72,4
2019	66,0	58,0	26,4	114,5	47,1	312,0	76,8
ср. мн. (за 70 лет)	63,0	84,0	105,0	79,0	74,0	406,0	100

Засушливые условия июня и начала июля приостановили рост клубней и привели после прошедших дождей к сильному израстанию. Весна в 2011 году была влажной и холодной, а лето засушливое не смотря на то, что за июнь 2011 г. выпало 147,3 мм осадков (табл. 2), что составило 140,3% к показаниям среднеголетних данных, температура воздуха 18,8°C была благоприятна для сильного развития фитофтороза. В июне 2012 г. выпало 113,4 мм осадков, что составило 108% к среднеголетней, и температура воздуха 20,1°C были благоприятны для сильного развития фитофтороза. Ранняя и засушливая весна была в 2013 г., лето – в пределах среднеголетней нормы. Весна в 2014 г. – ранняя с обильными осадками. В апреле осадков выпало на треть выше нормы. Май был отмечен пасмурным с обильными осадками. Лето в первой половине сырое, а во второй засушливое. Весна в 2015 году была ранняя с обильными осадками. Апрель был холодный и дождливый (100,9 мм). В мае выпало 58,3 мм при норме 84,0 мм. В июне осадков было 178,5 мм, но уже в июле и августе их было немного меньше среднеголетних значений, среднемесячная температура была в пределах нормы.

Весна 2016 года – ранняя с обильными осадками. Апрель был холодным и дождливым. В мае выпало осадков в 2 раза больше нормы. Июнь – тёплым и дождливым. Июль холоднее нормы, осадков выпало в половину меньше. Очень жарко было в августе с выпадением осадков более 2 норм. Лето в первой половине сырое, во второй – засушливое.

Холодная поздняя, с обильными осадками, была весна в 2017 году. В апреле осадков выпало 81,5 мм, а в мае – 184,5 мм, что в 2 раза выше нормы. Июнь был тёплый, умеренно влажный, июль – в пределах среднеголетних норм, а август – очень жаркий и сухой.

Весна в 2018 году была теплая с умеренным выпадением осадков, лето жаркое и сухое. Июнь 2019 года был тёплым и очень сухим – выпало 26,4 мм при норме осадков в 105,0 мм. Июль – тёплый и влажный, а август – жаркий и сухой.

Изложенные выше погодные условия, естественно, отражаются не только на росте и развитии растений, но определяют урожай и его качество в данной зоне. Сравнительная оценка большого набора сортов по ряду хозяйственно-ценных признаков позволяет выделить наиболее перспективные сорта для почвенно-климатических условий Адыгеи.

Территория станции расположена в зоне сильного распространения вирусных, грибных и микоплазменных заболеваний. Устойчивость образцов картофеля к комплексу заболеваний, на ряду с продуктивностью и качеством клубней, является важнейшим аспектом наших исследований [4].

Вирусные болезни. Среди более чем 40 известных вирусов, атакующих картофель, шесть выделяются из-за их вредоносности и широкого распространения, включая вирус скручивания листьев картофеля (PLRV) и несколько типов мозаичных вирусов, таких как PVX, PVS, PVM, PVA, и PVY [21]. Особенно опасны случаи, когда происходит заражение несколькими типами вирусов одновременно, что нередко приводит к значительным убыткам как в коммерческом производстве, так и в семеноводстве. Вирус PVY особенно выделяется из-за своей серьезной вариабельности, включая пять не рекомбинантных и более 30 рекомбинантных штаммов [17]. В последние годы во многих странах сельского хозяйства, включая Российскую Федерацию, наблюдается увеличение случаев распространения рекомбинантных штаммов PVY, некоторые из которых вызывают некроз или трещины на клубнях, что становится серьезным вызовом для картофелеводства [8, 12, 16, 19].

С учетом высокой опасности, которую представляют вирусы, особенно при условии комбинированной инфекции, стоит отметить, что вирусные агенты могут находиться в скрытом, латентном состоянии, не проявляя явных симптомов, что создаёт риск заражения более чувствительных к вирусам растений при их разведении в контексте семеноводства. В то время как растения, не показывающие признаков заражения, могут оказаться устойчивыми к вирусной инфекции, что делает их потенциально ценными для процессов селекции [11].

Согласно исследованиям, проведенным Э.В. Трускиновым, для идентификации типа вирусной инфекции применяются различные иммунологические методы, включая серологический анализ, а также более поздние разработки, такие как иммуноферментный анализ (ИФА или ELISA). Приоритет отдается отечественным тест-системам на основе технологии «сэндвич-метода» ИФА, разработанным коллективом ученых из Московского государственного университета, Института биоорганической химии РАН и Научно-исследовательского института картофельного хозяйства, для диагностики вирусов, таких как HPV, SVK, MVK и YVK [10].

При анализе генетического материала картофеля одной из наиболее значимых задач является оценивание его устойчивости к разнообразию патогенов. Концепция устойчивости к вирусным инфекциям в контексте картофеля обладает сложностью, поскольку она включает как качественные, так и количественные аспекты анализа. В российской научной среде данный атрибут коррелирует с термином «резистентность», который используется и на международном уровне. Наивысшая форма резистентности, называемая экстремальной устойчивостью (ER), часто ассоциируется с полным иммунитетом, характеризующимся отсутствием вос-

приимчивости культуры к конкретному патогену. Примером такого иммунитета может служить неуязвимость злаков к болезням и вредителям, специфичным для семейства пасленовых, и наоборот. В исследованиях выделяют семь типов устойчивости к вирусам у картофеля, каждый из которых требует отдельного выявления и характеристики [2;7].

Майкопская опытная станция – филиал ВИР – изучает ежегодно 200-500 образцов селекционных сортов и межвидовых гибридов картофеля по устойчивости к вирусным болезням. Наблюдения и учёты за проявлением вирусных болезней проводятся в три срока: при высоте растений 12 – 15 см, массовой бутонизации, в период массового цветения до начала естественного отмирания ботвы. Оценка (в период 2010-2019 гг.) проведена по внешним симптомам в полевых условиях и дополнена лабораторным анализом клубней в феврале.

Опытные делянки – однорядковые, десятиклубневые. Весенняя посадка картофеля проводилась пророщенными на свету клубнями в конце марта - первой декаде апреля; уборка – в конце июля - августе.

Устойчивость образцов к вирусам в поле визуально оценивали по 9-балльной шкале: 1 балл – неустойчивые (симптомы отмечены более чем у 70% растений), 3 балла – слабоустойчивые (симптомы у 31-69% растений), 5 баллов – среднеустойчивые (симптомы у 11-30%), 7 – повышено устойчивые (симптомы у 6-10%), 9 – высокоустойчивые (симптомы у 5% растений и менее).

Метеорологические условия в годы изучения были различны (табл. 1, табл. 2), что влияло на степень распределения болезней (табл. 3), прохождение фенологических фаз и, в конечном счёте, на урожайность картофеля.

Таблица 3. Распределение болезней картофеля, % (2010-2019 гг)

Table 3. Distribution of potato diseases, % (2010-2019)

Год	Болезни картофеля:			
	Вирусы	Фитофтороз	Парша обыкновенная	Столбур
2010	40,2	38,2	75,0	75,2
2011	27,1	71,1	70,3	-
2012	6,5	86,9	31,7	78,8
2013	-	84,3	75,2	66,8
2014	-	97,3	52,2	33,5
2015	28,3	40,3	32,0	49,5
2016	19,3	82,3	40,6	12,0
2017	24,4	31,8	-	13,0
2018	20,0	48,6	-	74,0
2019	14,6	-	-	69,8

Поражённость образцов мировой коллекции картофеля такими вирусными болезнями, как закручивание (М) и скручивание (L) листьев, морщинистая (X+Y) и полосчатая (Y) мозаики, рассмотрена нами в комплексе. За годы исследований вирусное вырождение в среднем составило 27,5% и колебалось от 6,5% (2012 г) до 53,6% (2015 г). Изменялось как общее число растений, пораженных этими вирусами, так и количество больных образцов.

Достоверная оценка полевой устойчивости картофеля к вирусным заболеваниям может быть получена только при испытании исходного материала в благоприятных условиях для ежегодного естественного развития болезни. Такие условия сложились в 2011, 2016-2019 гг.

Результаты визуальной оценки генофонда селекционных сортов показали неоднородность по признаку устойчивости к вирусным заболеваниям. Амплитуда баллов поражения – от 1 до 9.

В 2011 году, по данным визуальной оценки, в слабой степени было поражено 37 сортов (44,6%). Заражение вирусными болезнями в целом по коллекции составило 27,1%. Слабой степенью поражения в 2012 году отмечено 15 сортов (18,0%). Развитие инфекции в целом по коллекции составило 6,5%. Из-за низкой степени проявления

признаков инфицирования на растениях провести оценку селекционных сортов по устойчивости в 2013 году не удалось. Погодные условия и раннее развитие фитофтороза в 2014 году не позволили провести учёт к вирусным заболеваниям.

Сорта картофеля в 2010 и в 2015 годах были сильно поражены различными вирусными болезнями. Выявить устойчивые образцы не удалось. Инфекционное развитие болезней в целом по коллекции составило соответственно 40,2% и 53,6% образцов.

В дальнейшем распределение вирусных заболеваний картофеля (табл. 3) для каждого года было следующим: 2016 году – 19,3%; 2017 – 38,9%; 2018 – 20,0%; 2019 – 14,6%.

В результате многолетнего изучения выделены сорта картофеля: Colete (к-24767), Vitessa (к-24780), Бармалей (к-24705), Божедар (к-25074), Вектор (к-25134), ВИД-2 (к-24824), Гарлица (к-25078), Емеля (к-24710), Звиздаль (к-24797), Кобза (к-25084), Красавица брянщины (к-24721), Красная заря (к-24721), Мангуст (к-24724), Мелодия (к-25091), Орбий (к-25093), Радич (к-24816), Радуга (к- 24739), Султан (к-25131), Тетерев (к-25099), Фантазия (к-25101), Чарайник (к-25139), Багряна (к-25073), Повинь N (к-24736), Радуга (к-24739), Славянка N (к-24747) – в каче-

стве исходного материала для селекции по признаку устойчивости к закручиванию (М) и скручиванию (L) листьев, морщинистой (X+Y) и полосчатой (Y) мозаики картофеля.

Грибные болезни. Фитофтороз (возбудитель – оомицет *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) является одним из вредоносных грибных заболеваний. В своей работе Чижик В.К. и др. (2018 г) подчеркивает, что важной причиной серьезного вреда, который фитофтороз наносит культурам картофеля, является быстрое изменение в генах, отвечающих за вирулентность патогена [13]. Эти гены, известные как Avr гены, находятся в частях генома *P. infestans*, где встречается высокая концентрация мобильных элементов. Они кодируют эффекторный белки, служащие основой для патогенеза. Механизмы устойчивости растений обусловлены взаимодействием данных эффекторов с рецепторными киназами, вырабатываемыми по генам устойчивости Rpi. Динамичное развитие и распространение популяций *P. infestans* приводят к значительному фенотипическому разнообразию, обостряющемуся при половом процессе за счет рекомбинации [15]. Связь между составом Avr и Rpi генов в популяциях патогена и растений тесно коррелирует, что приводит к тому, что новые патотипы патогена могут преодолевать существующие гены устойчивости в коммерческих сортах картофеля, способствуя распространению эпидемий фитофтороза [22; 23].

Ежегодно на станции проводится полевая оценка устойчивости коллекции селекционных сортов к фитофторозу. Распространение фитофтороза в полевых сезонах 2012, 2013, 2014 и 2016 гг. носило характер эпифитотий (табл. 3).

Сухая и жаркая погода в 2010 году не благоприятствовала развитию этого заболевания. В средней степени было поражено 31,2% образцов. Не поражались фитофторозом сорта: Arosa, Брянский юбилейный

(к-12163), гибрид 1226/33 (к-25003). Развитие болезни в среднем по коллекции составило 38,2%.

Погодные условия 2011 года (в июне выпало осадков 140,3% к средней многолетней) способствовали сильному развитию и распространению фитофтороза. Первые симптомы болезни отмечены 24 июня. В средней и сильной степени было поражено 74,7% и в слабой – 25,3%. Слабо поражались фитофторозом сорта: Biogold, Et Mundo, Meteor (к-24835), Ароза, Бармалей (к-24705), Белуха (к-25146), Билина (к-24785), Горлица (к-25078), Дара (к-25079), Кобза (к-25084), Елена N (к-25087), Маугли (к-24725), Оливия (к-25094), Орбий (к-25093), Памяти Кулакова (к-24736), Придеснянский (к-24813), Радич (к-24817), Султан (к-25131), Тетерев (к-25099), Явирь (к-24758). Развитие болезни в среднем по коллекции составило 71,1%.

В 2012 г высокая влажность и температура воздуха в конце мая – начале июня (выпало осадков 165,2% в мае и 108,8% в июне к средней многолетней) способствовали поражению растений фитофторозом. Первые симптомы болезни отмечены 13 июня. В сильной степени было поражено 91,6% и в средней и слабой – 8,4%. Слабо поражались фитофторозом сорт Мусинский. В средней степени поражались сорта: Красавица брянщины (к-24721), Купава (к-25086), Кустаревский (к-24722), Елена N (к-25087), Билина (к-24785) и Ароза. Развитие фитофтороза в среднем по коллекции составило 86,9%.

В 2013 г в сильной степени было поражено 88,5% и в средней – 11,5% образцов. В средней степени поражались сорта: Елена N (к-25087), Билина (к-24785), Маугли (к-24725), Придеснянский (к-24813), Радич (к-24816), Султан (к-25131), Максимум (к-25136). Развитие болезни в среднем по коллекции составило 84,3%.

В 2014 г высокой степенью было поражено 97,3% и в средней – 2,7% образцов. В средней степени поражались сорта: Закидка (к-24796) и Червона рута (к-25102). Развитие данного заболевания в среднем по коллекции составило 97,6% образцов.

Поражение фитофторозом в среднем по коллекции картофеля в 2015 г составило 40,3%, за 2016 г – 82,3%, за 2017 – 31,8%, 2018 г – 48,6% (табл. 3).

Проведённые в разные годы результаты полевых наблюдений за образцами из коллекции картофеля, в том числе эпифитотий фитофторы, показывают, что коллекция ВИР содержит богатый исходный материал, характеризующийся высокой степенью устойчивости.

Среди исследованных образцов упоминания заслуживают такие сорта, как: Кузнечанка (к-25005), Слава брянщины (к-12176), Выток (к-11897), Звиздаль (к-24797), Купава (к-25086), Максимум (к-25136), Мангуст (к-24724), Билина (к-24785), Придеснянский (к-24813), Закидка (к-24796), Актюбинский (к-25104), Брянский юбилейный (к-12163), Meteor (к-24835), Бармалей (к-24705), Белуха (к-25146), Горлица (к-25078), Дара (к-25079), Кобза (к-25084), Маугли (к-24725), Оливия (к-25094), Орбий (к-25093), Явирь (к-24758).

Парша обыкновенная (*Streptomyces scabies* (Thaxt.) Waks. et Hehrici) – широко распространённое заболевание картофеля в регионе, вызываемое различными видами актиномицетов. Осадки в сочетании с высокой температурой воздуха способствуют распространению данного заболевания.

Наиболее заметный ущерб причиняет парша в годы с жарким и сухим летом и умеренными осадками в период клубнеобразования. В такие годы урожай полностью поражается паршой обыкновенной. Пораженные паршой клубни имеют неприятный вид, теряют товарную ценность, дают большой отход при переработке клубней, а

во время хранения быстрее подвергаются действию других сапрофитных микроорганизмов и загнивают. Такие клубни быстрее испаряют воду, теряют вес, содержание крахмала в них резко уменьшается. Болезнь снижает семенные качества клубней картофеля. Проведенный анализ устойчивости селекционных сортов к парше показал, что среднее распределение болезни по годам следующее: 75,0% (2010 г), 70,3% (2011 г), 31,7% (2012 г), 75,2% (2013 г), 52,2% (2014 г), 32,0% (2015 г), 40,6% (2016 г) (табл. 3).

Слабые симптомы болезни отмечены на клубнях образцов Антонина (к-24624), Юбиляр (к-24627), Кузнечанка (к-25005), Местный синий, Памяти Рогачева, Скороплодный, Улыбка (к-12177), Vitessa (к- 24780), Билина (к-24785), Божедар (к-25074), Вектор (к-25134), Веста (к-25075), Вирина (к-25076), Дара (к-25079), Добрович (к-25081), Емеля (к-24710), Жеран (к-24793), Кобза (к-25084), Красная заря (к-24720), Максимум (к-25136), Мангуст (к-24724), Маугли (к-24725), Мелодия (к-25091), Повинь N (к-24736), Радич (к-24816), Явирь (к-24758), Веста (к-25075), Памяти Кулакова (к-24735), Фантазия N (к-25101), ВИД-1 (к-24823), ВИД-2 (к-24824), Танай (к-2514).

Фитоплазменные болезни. Фитоплазмы, ранее упоминавшиеся как микоплазма-подобные организмы (МПО), относятся к классификации Mollicutes и тесно связаны с бактериями по своей таксономии. Отличительной чертой фитоплазм является отсутствие клеточной стенки, вместо которой их окружает трехслойная мембрана. Они не способны к росту на искусственных питательных средах, в растении предпочитают селиться в ситовидных трубках флоэмы, проявляют себя как облигатные паразиты и распространяются через членистоногих. Ключевыми переносчиками служат насекомые с типом питания,

основанным на всасывании: цикадки, псиллиды и листоблошки. Помимо этого, фитоплазмы могут передаваться через прививки, вегетативно и с помощью растений-паразитов, однако они не передаются механическим путем и через семена. Исторически диагностика фитоплазм основывалась на визуальных признаках, присутствии векторов и испытаниях на индикаторных растениях. Фитоплазменные болезни картофеля классифицированы по симптомам в такие категории, как желтуха, столбур и «ведьмина метла», каждая из которых вызывается определенным видом фитоплазмы. Заражение обуславливает различные фенотипические проявления, включая изменения цвета листьев, деформацию побегов и преждевременное старение. Визуальная диагностика, однако, уступила место более точным серологическим, гибридным и молекулярным технологиям, таким как ПЦР и RFLP, которые расширили понимание генетических связей и видового многообразия фитоплазм [1, 14]. Сравнительный анализ последовательностей 16S рРНК стал основой для филогенетического анализа, объединяющего фитоплазмы в связанные группы и упрощающего процесс идентификации. Сейчас выделено 28 различных групп фитоплазм, каждая из которых ассоциирована с определенными болезнями растений [18, 20].

Главный носитель патогена – выюнкковая цикада (*Hyalesthes obsoletus* Sign). Исследователи во главе с Д.З. Богоутдиновым идентифицировали новый вектор заболевания столбняка пасленовых – цикаду *Empoasca pteridis* и определили векторную функцию для цикады *Makrosteles laevis* – ранее предполагаемого переносчика данного патологического состояния в России [1].

Инфицирование картофеля происходит через питательные действия насекомых. В периоды их массового размножения и повышенной активности заражение столбу-

ром становится массовым явлением. В качестве резервуаров болезни выступают многолетние сорняки – такие как выюнок полевой, осот, цикорий, предоставляющие пищу цикадам до начала роста картофельных всходов. Патогены, фитоплазмы, размножаются как внутри самой цикады, так и во флоэме инфицированного растения. Заражённое насекомое остаётся переносчиком на протяжении всей его жизни, возможно, передавая инфекцию потомству через яйца. При заражении столбуром в клетках флоэмы поражённых растений происходит накопление фитоплазм, что приводит к нарушению работы сосудистой системы. Это вызывает задержку транспорта питательных веществ и накопление крахмала в хлоропластах, ведущее к одному из типичных признаков болезни – хлорозу растения [9].

Несмотря на серьёзный вред, который столбур наносит картофелю, случайность его проявлений значительно усложняет определение степени устойчивости сортов к данному недугу. В условиях предгорья особенно часто замечается феномен нитевидного роста ростков, превосходя по распространённости классические симптомы столбура. Следовательно, в качестве критерия для анализа устойчивости к заболеванию выбрана именно нитевидность ростков [3].

Климатические факторы играют значительную роль в активации и распространении фитопатогенных условий, приводящих к эпифитотиям столбура как у культивируемых, так и у дикорастущих видов растений. Высокие температуры в сочетании с интенсивным солнечным излучением создают идеальные условия для размножения насекомых-переносчиков, таких как цикады, что способствует усилению отдельных очагов этого заболевания. В то же время холодная и влажная погода благоприятствует снижению их активности, тем самым замедляя процесс заражения растений [5].

По проведённым итогам визуальной оценки на наличие фитоплазменных болезней было отмечено слабое распространение столбура картофеля. В результате по данным учета качества ростков (суммарное количество тонких и нитевидных ростков и не проросших клубней) распространение столбура в коллекции картофеля составило 75,2% (2010 г), 78,8% (2012 г), 35,5% (2014 г), 49,5% (2015 г), 12,0% (2016 г), 13,0% (2017 г), 74,0% (2018 г), 69,8% (2019 г).

Ежегодно в феврале при проведении анализа на качество ростков, образцы, имеющие 100% тонких и нитевидных ростков, выбраковываются.

Заключение. Описанные погодноклиматические факторы предгорной зоны Северного Кавказа позволяют выделить ценный исходный материал устойчивый к инфекционному вырождению картофеля.

Многолетняя оценка по внешним признакам за 277 сортами картофеля в полевых и лабораторных условиях выявила 25 сортов по признаку устойчивости к закручиванию (М) и скручиванию (L) листьев, морщинистой (X+Y) и полосчатой (Y) мозаики картофеля; 22 сорта – относительно устойчивых к поражению фитофторой картофеля; и 32 сорта – к парше обыкновенной.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богоутдинов Д.З. Фитоплазмозы картофеля и методы их изучения: научно-методическое пособие. Самара: Самарская ГСХА. 2000. 35 с.
2. Гавриленко Т.А., Рогозина Е.В., Антонова О.Ю. Создание устойчивых к вирусам растений картофеля на основе традиционных подходов и методов биотехнологии // В кн.: Идентифицированный генофонд растений и селекция. СПб: ВИР, 2005. С. 644-662.
3. Горковенко М.Н. Прогнозирование столбура на картофеле в Краснодарском крае // Научно-технический бюллетень ВИР. 1991. Вып. 214. С. 25-30.
4. Горковенко М.Н. Результаты многолетнего скрининга генофонда картофеля в условиях юга России: к 80-летию мировой коллекции картофеля ВИР // В кн.: Использование мировых генетических ресурсов ВИР в создании сортов картофеля нового поколения / под общ. ред. д-ра биол. наук, проф. Н.И. Дзюбенко. СПб., 2009. С. 154-162.
5. Методические указания по поддержанию и изучению мировой коллекции картофеля / Киру С.Д. [и др.]. СПб.: ВИР; 2010.
6. Устойчивость картофеля к вирусам: современное состояние и перспективы / Макарова С.С. [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. С. 62-73. DOI: 10.18699/Vj17.224
7. Мозаичные вирусы картофеля, поражающие растения клубненосных видов рода *Solanum* L. в полевом генном банке ВИР / Рогозина Е.В [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. С. 304-311. DOI 10.18699/VJ19.495
8. Скрипаль И.Г. Биология микоплазм – возбудителей желтух растений: дис. ... д-ра биол. наук. Киев, 1983. 256 с.
9. Иммуноферментный метод диагностики / Трофимец Л.Н. [и др.] // Защита растений. 1985. С. 8-10.

10. Трускинов Э.В., Ситников М.Н. Особенности изучения и поддержания коллекции картофеля на фоне вирусных и вирусоподобных заболеваний // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. С. 75-80. DOI: 10.30901/2227-8834-20194-75-80.
11. Изучение штаммового состава Y вируса картофеля из различных регионов Российской Федерации и Беларуси / Усков А.И. [и др.] // Земледелие. 2016. Т. 8. С. 36-38.
12. Полиморфизм генов вирулентности в популяции возбудителя фитофтороза *phytophthora infestans*, колонизирующей генетическую коллекцию картофеля ВИР в Пушкине (Санкт-Петербург) / Чижик В.К. [и др.] // Успехи медицинской микологии. 2018. Т. 19. С. 346-349.
14. Survey and molecular detection of phytoplasmas associated with potato in Romania and southern Russia / Ember I. [et al.] // Eur. J. Plant Pathol. 2011. P. 367-377.
15. Fry W.E. *Phytophthora infestans*: New tools (and old ones) lead to new understanding and precision management // Annu. Rev. Phytopathol, 2016. P. 529-547 DOI: 10.1146/annurev-phyto-080615-095951.
16. Phylogenetic study of recombinant strains of potato virus Y. / Green K [et al.] // Virology. 2017. P. 40-52. DOI 10.1016/j.virol.2017.03.018.
17. Green K., Brown C., Karasev A. Genetic diversity of potato virus Y (PVY): sequence analyses reveal ten novel PVY recombinant structures // Arch. Virol. 2018. Vol. 163. P. 23-32. DOI 10.1007/s00705-017-3568-x.
18. Phylogeny of mycoplasma-like organisms (phytoplasmas): a basis for their classification / Gundersen D.E. [et al.] // J. Bacteriol. 1994. P. 5244-5254.
19. Karasev A., Gray S. Continuous and emerging challenges of Potato virus Y in potato. Annu. Rev // Phytopathol. 2013. Vol. 51. P. 571-586. DOI 10.1146/annurev-phyto-082712-102332.
20. Revised classification scheme of phytoplasmas based on RFLP analyses of 16S rRNA and ribosomal protein gene sequences / Lee I.-M. [et al.] // International journal of systematic bacteriology. 1998. P. 1153-1169.
21. Potato Biology and Biotechnology Advances and Perspectives / Eds. D. Vreugdenhil [et al.]. Amsterdam: Elsevier, 2007.
22. Rodewald J., Trognitz B. *Solanum* resistance genes against *Phytophthora infestans* and their corresponding avirulence genes // Mol. Plant Pathol. 2013. Vol. 14, Iss. 7. P. 740-757 DOI: 10.1111/mpp.12036.
23. Effector genomics accelerates discovery and functional profiling of potato disease resistance and *Phytophthora infestans* avirulence genes / Vleeshouwers V.G. [et al.] // PLoS One. 2008. No. 3(8). e2875 DOI: 10.1371/journal.pone.0002875.

REFERENCES

1. Bogoutdinov D.Z. Potato phytoplasmas and methods of their study: scientific and methodological manual. Samara: Samara State Agricultural Academy. 2000. 35 p. [In Russ.]
2. Gavrilenko T.A., Rogozina E.V., Antonova O.Yu. Creation of virus-resistant potato plants based on traditional approaches and biotechnology methods // In the book: Identified plant gene pool and selection. St. Petersburg: VIR, 2005. P. 644-662. [In Russ.]
3. Gorkovenko M.N. Forecasting stolbur on potatoes in the Krasnodar Territory // Scientific and Technical Bulletin of VIR. 1991. Iss. 214. P. 25-30. [In Russ.]
4. Gorkovenko M.N. The results of long-term screening of the potato gene pool in the conditions of the south of Russia: on the 80th anniversary of the world potato collection of VIR //

In the book: Use of world genetic resources of VIR in creating new generation potato varieties / edited by Dr Sci. (Biology), prof. N.I. Dzyubenko. SPb., 2009. P. 154-162. [In Russ.]

5. Methodical guidelines for maintaining and studying the world potato collection / Kiru S.D. [et al.]. SPb.: VIR; 2010. [In Russ.]

6. Potato resistance to viruses: current state and prospects / Makarova S.S. [et al.] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017. P. 62-73. DOI: 10.18699/Vj17.224 [In Russ.]

7. Potato mosaic viruses affecting plants of tuber species of the genus *Solanum* L. in the field gene bank of VIR / Rogozina E.V [et al.] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. P. 304-311. DOI 10.18699/VJ19.495 [In Russ.]

8. Skripal I.G. Biology of mycoplasmas - causative agents of plant yellows: diss. ... Dr Sci. (Biology). Kiev, 1983. 256 p. [In Russ.]

9. Enzyme immunoassay method for diagnostics / Trofimets L.N. [et al.] // Plant Protection. 1985. Pp. 8-10. [In Russ.]

10. Truskinov E.V., Sitnikov M.N. Peculiarities of studying and maintaining a potato collection against the background of viral and virus-like diseases // Works on applied Botany, Genetics and Breeding. 2019. P. 75-80. DOI: 10.30901/2227-8834-20194-75-80. [In Russ.]

11. Study of the strain composition of Y potato virus from various regions of the Russian Federation and Belarus / Uskov A.I. [et al.] // Agriculture. 2016. Vol. 8. P. 36-38. [In Russ.]

12. Polymorphism of virulence genes in the population of the causative agent of late blight phytophthora infestans, colonizing the genetic collection of potatoes of VIR in Pushkin (St. Petersburg) / Chizhik V.K. [et al.] // Advances in Medical Mycology. 2018. Vol. 19. P. 346-349. [In Russ.]

14. Survey and molecular detection of phytoplasmas associated with potatoes in Romania and southern Russia / Ember I. [et al.] // Eur. J. Plant Pathol. 2011. P. 367-377.

15. Fry W.E. Phytophthora infestans: New tools (and old ones) lead to new understanding and precision management // Annu. Rev. Phytopathol, 2016. P. 529-547 DOI: 10.1146/annurev-phyto-080615-095951.

16. Phylogenetic study of recombinant strains of potato virus Y. / Green K [et al.] // Virology. 2017. P. 40-52. DOI 10.1016/j.virol.2017.03.018.

17. Green K., Brown C., Karasev A. Genetic diversity of potato virus Y (PVY): sequence analyzes reveal ten novel PVY recombinant structures // Arch. Virol. 2018. Vol.163. R. 23-32. DOI 10.1007/s00705-017-3568-x.

18. Phylogeny of mycoplasma-like organisms (phytoplasmas): a basis for their classification / Gundersen D.E. [et al.] // J. Bacteriol. 1994. P. 5244-5254.

19. Karasev A., Gray S. Continuous and emerging challenges of Potato virus Y in potatoes. Annu. Rev // Phytopathol. 2013. Vol. 51. P. 571-586. DOI 10.1146/annurev-phyto-082712-102332.

20. Revised classification scheme of phytoplasmas based on RFLP analyzes of 16S rRNA and ribosomal protein gene sequences / Lee I.-M. [et al.] // International journal of systematic bacteriology. 1998. P. 1153-1169.

21. Potato Biology and Biotechnology Advances and Perspectives / Eds. D. Vreugdenhil [et al.]. Amsterdam: Elsevier, 2007.

22. Rodewald J., Trognitz B. *Solanum* resistance genes against *Phytophthora infestans* and their corresponding avirulence genes // Mol. Plant Pathol. 2013. Vol. 14, Iss. 7. P. 740-757 DOI: 10.1111/mps.12036.

23. Effector genomics accelerates discovery and functional profiling of potato disease resistance and *Phytophthora infestans* avirulence genes / Vleeshouwers V.G. [et al.] // PLoS One. 2008. No. 3(8). e2875 DOI: 10.1371/journal.pone.0002875.

Информация об авторах / Information about the authors

Любченко Александр Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Майкопская опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»; 385746 Российская Федерация, Республика Адыгея, Майкопский район, пос. Подгорный, ул. Научная, 1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2996-8192>, e-mail: alexandrlyubchenko@yandex.ru

Рогозина Елена Вячеславовна, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»; 190031 Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2743-068x>, e-mail: rogozinaelena@gmail.com

Alexandr V. Lyubchenko, PhD (Agriculture), Senior Researcher, Maikop Experimental Station - Branch of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov; 385746, the Russian Federation, the Republic of Adygea, the Maikopsky District, Podgorny settlement, 1 Nauchnaya str., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2996-8192>, e-mail: alexandrlyubchenko@yandex.ru

Elena V. Rogozina, Dr Sci. (Biology), Leading Researcher, All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov; 190031, the Russian Federation, St. Petersburg, 42, 44 B. Morskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2743-068x>, e-mail: rogozinaelena@gmail.com

Заявленный вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации

Claimed contribution of authors

All authors have equivalently contributed to the preparation of the publication

Поступила в редакцию 10.01.2025
Поступила после рецензирования 14.02.2025
Принята к публикации 16.02.2025

Received 10.01.2025
Revised 14.02.2025
Accepted 16.02.2025