УДК 635.21:632.3 **Исследовательская статья**

Скрининг вирусной инфекции и формирование коллекции безвирусных сортов и селекционных образцов картофеля

Омарова Г.К., Бейсембина Б., Камарова Д.Н., Артемьева А.В., Лидер О.В.

НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», Астана, Казахстан

Автор-корреспондент: Бейсембина Б.: bika.kz.2712@gmail.com
Соавторы: (1: ГО) gulnur.omarova1994@gmail.com; (2: ДК) dkamarova10@gmail.com
(3: АА) alenaart1603@mail.ru; (4: ОЛ) lider.olga175@gmail.com

Получено: 12.08.2026 **Принято:** 28.09.2026 **Опубликовано:** 09.10.2026

Авторские права: Омарова Г.К. и др. Данная статья размещена в открытом доступе и распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Аннотация

Предпосылки и цель. Картофель является одной из наиболее значимых продовольственных культур, однако его урожайность и качество существенно снижаются под воздействием вирусных заболеваний. Наиболее распространённые вирусы картофеля накапливаются в клубнях, что делает их контроль затруднительным и требует разработки эффективных методов оздоровления посадочного материала. Целью работы было создание коллекции безвирусных сортов и гибридов картофеля отечественной и зарубежной селекции.

Материалы и методы. Диагностику вирусоносительства проводили методом иммуноферментного анализа в формате DAS-ELISA для выявления Х-вируса картофеля (ХВК), Y-вируса картофеля (YВК), S-вируса картофеля (SВК), М-вируса картофеля (МВК). Образцы с отрицательными результатами DAS-ELISA использовали для введения в культуру *in vitro* и последующего микроклонального размножения. Для получения асептической культуры применяли многоэтапную стерилизацию растительного материала.

Результаты. Методом иммуноферментного анализа выявлено наличие четырех основных вирусов картофеля в исследованных сортах и гибридах картофеля, а также отобраны образцы с отрицательной реакцией на исследованные вирусы. Установлена различная степень вирусной инфицированности исследуемого материала. Свободные от тестируемых вирусовобразцы сортов Олюшка, Бабаев, Есіл и Silk Rose введены в культуру *in vitro* и высажены в теплицу для последующего размножения и получения безвирусного семенного материала картофеля. С целью оздоровления сорта Red Rose от вирусной инфекции он также был введён в культуру *in vitro* для последующего получения безвирусного посадочного материала.

Заключение. Полученные данные позволили оценить вирусологический статус исследуемых генотипов картофеля и выявить свободные от изучаемых вирусов картофеля образцы, пригодные для дальнейшего использования. Отобранные образцы успешно введёны в культуру *in vitro*, что создало основу для формирования коллекции оздоровленных сортов и селекционных образцов картофеля с окрашенной мякотью, их дальнейшего микроразмножения и сохранения ценного генетического материала.

Ключевые слова: вирусы картофеля; иммуноферментный анализ (DAS-ELISA); культура *in vitro*; безвирусная коллекция.

Введение

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) является основным продуктом питания во многих регионах мира, благодаря высокому содержанию углеводов, белков и витаминов. Он служит доступным источником витаминов С, В1, В3, В6, Е, пантотеновой и фолиевой кислот, рибофлавина и минералов, таких как калий, магний, фосфор и железо [1].

В последние годы значительно возрос интерес потребителей и производителей к сортам картофеля с окрашенной мякотью клубней. Такие сорта отличаются не только привлекательными

Как цитировать: Омарова, Г.К., Бейсембина, Б., Камарова, Д.Н., Артемьева, А.В., Лидер, О.В. (2026). Скрининг вирусной инфекции и формирование коллекции безвирусных сортов и селекционных образцов картофеля. *Евразийский агротехнический журнал*, 3(131), 220-229. DOI: https://doi.org/10.51452/eaj.2026.3(131).2276

потребительскими качествами, но и высоким содержанием антоцианов, каротиноидов и других фенольных соединений, обладающих выраженной антиоксидантной активностью [2, 3, 4]. Исследования показывают, что антоцианы способны снижать уровень окислительного стресса, подавлять воспалительные процессы и оказывать профилактическое действие в отношении сердечно-сосудистых, онкологических и метаболических заболеваний [5]. Кроме того, картофель с красной и фиолетовой мякотью рассматривается как перспективный источник функциональных пищевых ингредиентов благодаря повышенному содержанию биологически активных веществ и антиоксидантов [6].

Несмотря на высокую хозяйственную ценность культуры, значительный ущерб производству картофеля наносят вирусные болезни. По данным современных исследований, вирусные инфекции являются одной из основных причин снижения урожайности и качества семенного материала картофеля. Наибольшее экономическое значение имеют ХВК, YВК, SВК, МВК. Потери урожая при вирусном заражении могут достигать 20–80% в зависимости от сорта, условий выращивания и степени инфицирования растений [7, 8].

Особенностью вирусов картофеля является их способность сохраняться и накапливаться в клубнях, используемых для вегетативного размножения. Вследствие многократного репродуцирования происходит постепенное накопление вирусной инфекции, что приводит к вырождению сортов и снижению их продуктивности [9].

В связи с возрастающим интересом к сортам картофеля с окрашенной мякотью особую актуальность приобретает создание коллекций генотипов, свободных от вирусной инфекции, которые могут служить исходным материалом для селекционных программ и производства высококачественного семенного картофеля. Создание таких коллекций способствует сохранению ценных генетических ресурсов и повышению эффективности производства функциональных продуктов питания.

Своевременная диагностика вирусных инфекций картофеля позволяет предотвращать их распространение и снижать степень поражения посадочного материала. В лабораторных условиях особое значение имеет поддержание коллекции оздоровлённых сортов и селекционных образцов для их дальнейшего изучения, сохранения и размножения. В связи с этим целью исследования являлись оценка заражённости сортов и селекционных образцов картофеля основными вирусами, отбор образцов, свободных от тестируемых вирусов, и введение их в культуру *in vitro* для формирования оздоровлённой коллекции.

Материалы и методы

Настоящие исследования проводились на базе лаборатории биотехнологии растений Института сельского и лесного хозяйства НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина».

Объектами исследования послужили 13 сортов и селекционных образцов картофеля с различной окраской мякоти клубней: Silk Rose (жёлтая мякоть, Казахстан-Китай), Есіл (светло-жёлтая, Казахстан-Россия), Киру (фиолетовая, Казахстан-Россия), Клюковка (розовая, Казахстан), Альянс (желтая, Казахстан), Бабаев (желтая, Казахстан), Тамаша (белая, Казахстан), Red Rose (красная, Казахстан-Китай), 17-212-19 (желтая мякоть, Казахстан-Китай), 17-223-10 (фиолетовая, Казахстан-Китай), Багира (фиолетовая, Казахстан-Китай), Олюшка (фиолетовая, Казахстан), Xisen 1 (фиолетовая, Китай).

Полевые исследования проводили на опытном участке ТОО «Bio Nord» в Акмолинской области Республики Казахстан. Почвенный покров опытного участка представлен тёмно-каштановыми почвами, характерными для данной природно-климатической зоны. Посадку картофеля выполняли вручную в третьей декаде мая по схеме 75 × 30 см. Опыт закладывали по схеме рандомизированных полных блоков (Randomized Complete Block Design, RCBD) с тремя повторностями. Уборку урожая осуществляли в середине сентября 2025 года. Все исследуемые генотипы выращивали в одинаковых агротехнических условиях с соблюдением единой технологии возделывания, что обеспечивало сопоставимость полученных результатов.

Для выявления вирусной инфекции растений картофеля применяли твердофазный иммуноферментный анализ в формате «сэндвич» DAS-ELISA (double antibody sandwich ELISA)

с использованием коммерческих диагностических наборов компании Loewe Biochemica GmbH (Германия) для детекции вирусов картофеля ХВК, YВК, SВК и МВК. Анализ проводили в соответствии с инструкциями производителя и общепринятой методикой [10, 11]. В наборах использовали специфические поликлональные антитела к соответствующим вирусам. Инкубацию образцов и конъюгата осуществляли при 37 °C в течение 2 ч (или при 4 °C в течение ночи в соответствии с протоколом производителя). В качестве хромогенного субстрата использовали р-нитрофенилфосфат (pNPP). Оптическую плотность измеряли при длине волны 405 нм с использованием микропланшетного фотометра StatFax 4200 (США). Обработку и статистический анализ полученных результатов выполняли с помощью программы Microsoft Excel 2016.

Введение эксплантов картофеля в культуру *in vitro*. В качестве исходного материала использовали этиолированные ростки картофеля (*Solanum tuberosum* L.). В предварительную подготовку включали промывание ростков в дистиллированной воде, обработку в мыльном растворе и последующее промывание под проточной водой в течение 10 мин [12].

Дальнейшую стерилизацию проводили в ламинарном боксе в асептических условиях. Ростки последовательно обрабатывали 70%-ным раствором этилового спирта в течение 5–7 мин, затем 20%-ным водным раствором препарата «Белизна» (гипохлорит натрия) в течение 10 мин. После стерилизации экспланты пятикратно промывали стерильной дистиллированной водой и высаживали на агаризованную питательную среду Мурасиге–Скуга (MS) [13, 14]. Выбор данного метода стерилизации обусловлен высокой эффективностью по сравнению с альтернативными лабораторными подходами [15, 16].

Результаты

В ходе исследования методом иммуноферментного анализа (ИФА) в формате «сэндвич» было протестировано 224 образца картофеля на наличие четырех основных вирусов: ХВК, YВК, SВК и МВК. Критерием положительного результата служило отношение оптической плотности исследуемого образца к оптической плотности отрицательного контроля (Ao/Ok), превышающее 2,9. Образцы, для которых значение Ao/Ok было более 2,9, считали инфицированными соответствующим вирусом. Результаты иммуноферментного анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты оценки зараженности вирусами исследуемых генотипов картофеля методом DAS-ELISA

Генотип	Количество образцов	ХВК, %	YВК, %	SВК, %	МВК, %
17-212-19	12	41,7	0	25	0
17-223-10	1	0	0	0	100
Red Rose	44	0	100	0	4,5
Silk Rose	24	37,5	4,2	4,2	0
Xisen 1	14	0	0	0	0
Альянс	5	0	0	0	100
Бабаев	4	0	0	25	0
Багира	15	0	40	0	26,7
Есіл	79	0	11,4	1,3	10,1
Киру	1	0	0	0	100
Клюковка	2	0	0	0	100
Олюшка	14	0	0	0	0
Тамаша	8	0	0	100	75

Согласно результатам, приведенным в таблице 1, наиболее распространённым вирусом оказался YВК. В объединённой выборке его положительные реакции были выявлены у сортов Red Rose, Багира и Есіл, тогда как у большинства остальных генотипов YВК не обнаруживался либо встречался единично. Сорт Red Rose, для которого положительная реакция на YВК наблюдалась

у 44 из 44 исследованных образцов (100%) был отобран для введения в культуру *in vitro* для последующего оздоровления.

Вторым по значимости оказался ХВК, однако его распространённость была существенно ниже и характеризовалась более выраженной сортовой специфичностью. Положительные образцы выявлены у генотипов Silk Rose в 9 из 24 образцов (37,5%) и 17-212-19 в 5 из 12 образцов (41,7%). В остальных исследованных генотипах ХВК либо не выявлялся, либо встречался в значительно меньшей степени.

SBK характеризовался ещё более специфичным распределением. Наиболее высокая частота его обнаружения зарегистрирована у исследуемых образцов сорта Тамаша – 8 из 8 образцов. Единичные положительные реакции также отмечены у Silk Rose и Бабаев, что указывает на существенно более ограниченное распространение S-вируса картофеля по сравнению с YBK. На частоту выявления вируса в пределах одного сорта влияет происхождение посадочного материала, условия выращивания и сопутствующий инфекционный фон.

Аналогичное распространение установлено для МВК. Наиболее высокая частота его обнаружения отмечена у сортов Тамаша (6 из 8; 75,0%), Альянс (5 из 5; 100%), Клюковка (2 из 2; 100%) и Киру (1 из 1; 100%). У Багиры PVM выявлен в 4 из 15 образцов (26,7%), у Есіл (Есиль) – в 8 из 79 (10,1%), а у Red Rose – в 2 из 44 (4,5%).

Важная особенность проведенных исследований это выявление смешанных инфекций, то есть одновременного присутствия двух или более вирусов в одном образце. Наиболее выраженная доля смешанных инфекций отмечена у сорта Тамаша – 6 из 8 образцов (75,0%), что соответствует высокой общей вирусной нагрузке и одновременному распространению SBK и МВК в отобранных образцах. Смешанные инфекции также обнаружены у сортов Red Rose, Silk Rose и Есіл, хотя с существенно меньшей частотой.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости учитывать не только наличие отдельных вирусов, но и смешанных вирусных инфекций. В этом отношении образец сорта картофеля Тамаша является показательным примером, поскольку характеризуется 100%-ной выявляемостью SBK, а также высокой частотой выявления МВК и смешанных инфекций.

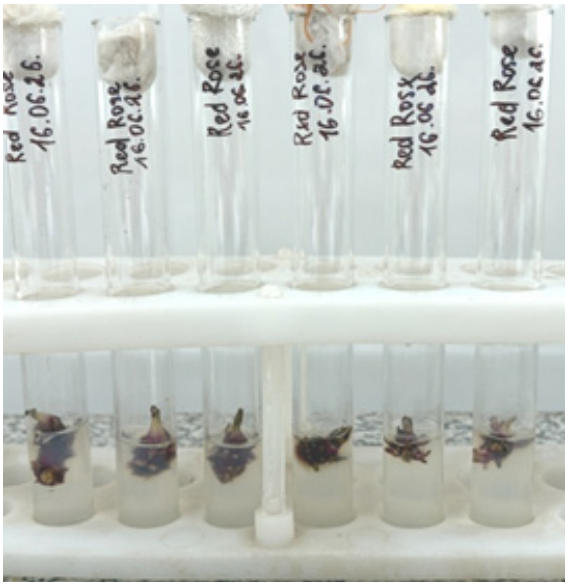
С селекционной точки зрения, полученные результаты позволяют выделить несколько групп перспективных генотипов. Сорт картофеля Олюшка представляет интерес как материал с отсутствием выявляемых инфекций по основным анализируемым вирусам. Сорт Есіл заслуживает отдельного внимания благодаря низкой частоте выявления вирусов при наиболее крупном объёме исследованной выборки. Выявленные образцы перспективных генотипов, свободные от тестируемых вирусов, были отобраны для введения в культуру *in vitro* и последующего формирования коллекции. Сорт Red Rose следует рассматривать как генотип с выраженной ассоциацией с YBK, а сорт Тамаша как материал с высокой вирусной нагрузкой и значительной частотой смешанных инфекций.

Таким образом, результаты иммуноферментного анализа позволили выявить вирусную заражённость исследуемого материала и отобрать безвирусные клубни, ростки которых были использованы на следующем этапе исследования для введения в культуру *in vitro*.

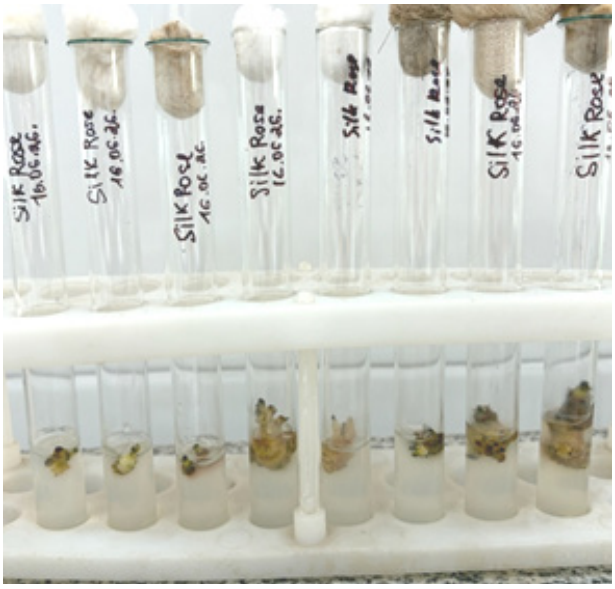
На следующем этапе исследований по результатам иммуноферментного анализа (DAS-ELISA) были отобраны клубни сортов картофеля Олюшка, Бабаев, Есіл и Silk Rose, свободные от тестируемых вирусов. Отобранные образцы использовали в качестве исходного материала для введения в культуру *in vitro* с целью получения оздоровленных растений, формирования коллекции и их последующего микроразмножения.

Этап введения образцов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) в асептическую культуру является критическим звеном биотехнологического процесса получения безвирусного семенного материала. Основная сложность заключается в преодолении эндофитной и поверхностной контаминации (бактериальной и грибной природы) при сохранении растительного материала картофеля. Выбор дезинфицирующих агентов и временных экспозиций определял баланс между асептичностью культуры и уровнем некротизации (химического ожога) растительных тканей.

Из отобранных клубней были получены этиолированные ростки, которые после проведения многоступенчатой поверхностной стерилизации высаживали на агаризованную питательную среду Мурасиге-Скуга в асептических условиях. На рисунке 1 представлены образцы сортов Олюшка, Бабаев, Есіл, Red Rose и Silk Rose, успешно введенные в культуру *in vitro*.



Сорт Red Rose



Сорт Silk Rose



Сорта картофеля Есіл, Бабаев и Олюшка

Рисунок 1. Коллекция сортов картофеля *in vitro*

Таким образом, по результатам предварительного DAS-ELISA-скрининга были отобраны здоровые образцы картофеля. Сорта Есіл и Бабаев успешно введены в культуру *in vitro*, получены активно развивающиеся культуральные растения, пригодные для дальнейшего размножения. Сорт Red Rose введён в культуру in vitro в рамках мероприятий по его оздоровлению от вирусной инфекции и последующему получению безвирусного посадочного материала. Кроме того, в культуру *in vitro* успешно введены перспективные сорта картофеля Олюшка и Silk Rose, что позволило расширить формируемую коллекцию культуральных растений картофеля.

Для сохранения и размножения безвирусного исходного материала клубни картофеля, отобранные по результатам иммуноферментного анализа, были высажены в теплицу (рисунок 2).



Рисунок 2. Выращивание безвирусного картофеля в тепличных условиях

В процессе вегетации растения характеризовались нормальным ростом и развитием без визуальных признаков вирусных заболеваний. Однако, отсутствие видимых симптомов не может служить дополнительным подтверждением вирус-свободного статуса растений, поскольку вирусная инфекция картофеля нередко протекает в латентной (бессимптомной) форме, а также зависит от сортовой устойчивости к конкретным патогенам. Для подтверждения стабильного вирус-свободного статуса желательно провести повторное тестирование растений после этапа культивирования и размножения.

Полученный материал, свободный от тестируемых вирусов, может быть использован для дальнейшего размножения и формирования коллекции оздоровленных сортов картофеля. Кроме того, следует отметить, что сорта картофеля Ecil и Silk Rose в настоящий момент проходят государственное сортоиспытание в двух районах республики – Енбекшиказахском (Алматинская область) и Костанайском (Костанайская область).

Обсуждение

Полученные данные согласуются с общей тенденцией, отмечаемой для регионов возделывания картофеля на территории СНГ: доминирующее положение среди вирусных инфекций стабильно занимает Y-вирус картофеля [17]. Полученные в настоящей работе результаты подтверждают эту тенденцию: у отобранных образцов сорта Red Rose выявлено абсолютное доминирование YВК (100% образцов), тогда как у образцов сорта Тамаша зарегистрировано характерное сочетание SВК и МВК с высокой долей смешанных инфекций, что согласуется с наблюдаемой в литературе склонностью этих двух вирусов к совместному распространению.

Сходные закономерности отмечены и для условий Казахстана: в исследовании, выполненном коллективом Института биологии и биотехнологии растений на материале Алматинской области, молекулярными методами также установлено преобладание YВК, SВК и МВК с формированием смешанных инфекций [18]. Полученные в настоящей работе результаты дополняют эту картину применительно к сортам с окрашенной мякотью клубня.

Методические аспекты диагностики также согласуются с ранее опубликованными рекомендациями по оптимизации условий DAS-ELISA для тест-систем на ХВК, YВК, SВК и МВК в формате «сэндвич», где ключевыми параметрами, определяющими чувствительность метода, признаны концентрация растительного экстракта и температурный режим инкубации [19]. Использованный в настоящей работе критерий положительного результата (Ao/Ok> 2,9) соответствует общепринятым подходам к оценке данных DAS-ELISA, применяемым в отечественной и зарубежной практике семенного контроля картофеля.

Отдельного внимания заслуживает отмечаемая в литературе латентность вирусной инфекции картофеля: отсутствие внешних симптомов заболевания не гарантирует вирус-свободного статуса растения [20]. В связи с этим, визуальная оценка не может считаться достаточной

для достоверного подтверждения вирус-свободного статуса посадочного материала, что обусловливает необходимость лабораторной диагностики регенерантов и последующего контроля их вирусного статуса на этапах клонального микроразмножения [21].

Заключение

Проведённые исследования позволили оценить фитосанитарное состояние исследуемых сортов и селекционных образцов картофеля с окрашенной мякотью методом иммуноферментного анализа и выявить образцы, инфицированные основными вирусами картофеля. Установлено, что степень вирусной заражённости существенно варьировала в зависимости от сорта: наряду с полностью инфицированными образцами были выявлены клубни, свободные от тестируемых вирусов, пригодные для дальнейшего использования в биотехнологическом процессе. На основании результатов DAS-ELISA проведён отбор образцов с отрицательной реакцией на исследованные вирусы для формирования исходного материала, который был успешно введён в культуру *in vitro*. Полученные культуральные растения положили начало созданию коллекции сортов и селекционных образцов картофеля с окрашенной мякотью, свободных от исследуемых вирусов, представляющей перспективу для дальнейшего микроразмножения, сохранения ценного селекционного материала и получения высококачественного семенного картофеля. В связи с необходимостью оздоровления сорта Red Rose он также был введён в культуру *in vitro*, что создаёт предпосылки для его дальнейшего оздоровления и получения свободного от вирусов посадочного материала.

Вклад авторов

ГО, ББ, ДК, ОЛ, АА: участвовали в постановке иммуноферментного анализа в формате «сэндвич» для выявления вирусной инфекции у исследуемых сортов и гибридов картофеля с окрашенной мякотью. ББ, ДК и ОЛ: выполнили обработку и анализ полученных данных. ББ: интерпретировала результаты исследования и подготовила рукопись статьи. ББ и ГО: подготовили литературный обзор. ББ, ДК, ГО и АА: провели введение в культуру *in vitro* эксплантов картофеля сортов Бабаев, Олюшка, Red Rose и Silk Rose. ББ и ГО: выполнили окончательную редакцию рукописи.

ББ и ГО: провели окончательную редакцию и вычитку. Все авторы прочитали, просмотрели и одобрили окончательную редакцию рукописи.

Информация о финансировании

Настоящие исследования проводились в рамках проекта AP23485559 «Картофель с цветной мякотью для Северного Казахстана: подбор сортов и гибридов, создание биологизированной технологии защиты» на 2024–2026 гг., источник финансирования – Комитет науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках докторской диссертационной работы «Исследование влияния вирозов на антиоксидантные свойства сортов и гибридов с пигментированной мякотью клубней картофеля».

Список литературы

1 Pierik, R.L.M. (1997). *In vitro culture of higher plants.* Springer Science & Business Media: 348. DOI: 10.1007/978-94-011-5750-6.

2 Ezekiel, R., Singh, N., Sharma, S., Kaur, A. (2013). Beneficial phytochemicals in potato – A review. *Food Research International, Stability of phytochemicals during processing*, 50(2), 487–496. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.04.025.

3 Zhevora, S.V., Starovojtov, V.I., YAshin, A.YA., Manohina, A.A., YAshin, YA.I. (2021). Issledovaniya himicheskogo sostava i antioksidantnoi aktivnosti kartofelya [Research of the chemical composition and antioxidant activity of potatoes]. *Nauka v central'noi Rossii*, 1(49), 80–87.DOI: 10.35887/2305-2538-2021-1-80-87.

4 Polivanova, O.B., Gins, E.M. (2019). Antioksidantnaya aktivnost' pigmentirovannogo kartofelya (*Solanum tuberosum* L.), soderzhanie antocianov, ih biosintez i fiziologicheskaya rol' [Antioxidant

activity of potatoes (Solanum tuberosum L.) and anthocyanin content, its biosynthesis and physiological role]. *Ovoshchi Rossii*, 6, 84–90. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-6-84-90.

5 Wallace, T.C., Giusti, M.M. (2015). Anthocyanins. Advances in Nutrition, 6(5), 620–622. DOI: 10.3945/an.115.009233.

6 Salehi, B., Sharifi-Rad, J., Cappellini, F., Reiner, Ž., Zorzan, D., Imran, M., Sener, B., Kilic, M., El-Shazly, M., Fahmy, N. M., Al-Sayed, E., Martorell, M., Tonelli, C., Petroni, K., Docea, A. O., Calina, D., Maroyi, A. (2020). The Therapeutic Potential of Anthocyanins: Current Approaches Based on Their Molecular Mechanism of Action. *Frontiers in Pharmacology*, 11, 567172. DOI: 10.3389/fphar.2020.01300.

7 Kirgizova, I.V., Kalashnikova, E.A., Gadzhimuradova, A.M., Silaev, D.V., Turpanova, R.M., ZHangazin, S.B. (2023). Izuchenie aktivnosti antioksidantnyh fermentov u somaklonal'nyh variantov kartofelya dlya ispol'zovaniya v selekcionnom otbore na ustojchivost' k virusu RVS [Study of the activity of antioxidant enzymes in somaclonal potato variants for use in selection for resistance to the PVS virus]. Izvestiya vuzov. *Prikladnaya himiya i biotekhnologiya*, 13(3), 442–453. DOI: 10.21285/2227-2925-2023-13-3-442-453.

8 Dangl, J.L., Jones, J.D.G. (2001). Plant pathogens and integrated defence responses to infection. *Nature*, 411(6839), 826–833. DOI: 10.1038/35081161.

9 Raza, M., Hussain, Z., Abbas, F., Ashraf, M. A., Imene, H.H., Riaz, T. (2025). Advanced strategies for detection and diagnosis of potato viruses: harnessing molecular innovations and digital tools for precision agriculture. *Hosts and Viruses*, 12, 39–46. DOI: 10.17582/journal.hv/2025/12.39.46.

10 Tabatabaei, M.S., Ahmed, M. (2022). Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). *Methods Mol Biol*., 2508, 115–134. DOI: 10.1007/978-1-0716-2376-3_10.

11 Loewe LOEWE. (2023). *Product manual: complete kit standard DAS–ELISA.* https://loewe-info.com/wp-content/uploads/2023/10/Complete-Standard-ELISA-Rev-150121-.pdf

12 Trofimec, L.N., Boiko, V.V., Anisimov, B.V. (1985). *Metodicheskie rekomendacii po polucheniyu bezvirusnogo semennogo kartofelya* [*Methodological recommendations for obtaining virus-free seed potatoes*]. Moskva: VNIIKKH, 32.

13 Badoni, A., Chauhan, J.S. (2010). In vitro sterilization protocol for micropropagation of Solanum tuberosum cv. *"Kufri Himalini." Academia Arena*, 2(4), 24–27.

14 Koleva Gudeva, L., Mitrev, S., Trajkova, F., Ilievski, M. (2012). Micropropagation of Potato Solanum tuberosum L. *Electronic journal of Biology*, 8(3), 45–49.

15 Butenko, R.G. (1999). *Biologiya kletok vysshih rastenii in vitro i biotekhnologii na ih osnove* [*Biology of higher plant cells in vitro and biotechnologies based on them*]. M.: FBk-Press, 160, 3.

16 George, E.F., Hall, M.A., De Klerk, G.J. (2008). Plant propagation by tissue culture 3rd Edition. *The Netherland, The Back Ground Springer*, 65–175. DOI: 10.1007/978-1-4020-5005-3.

17 Kenzhebekova, R.T., Mendybaeva, A.S., Kapytina, A.I., Gricenko, D.A. (2024). Rasprostranenie smeshannyh virusnyh infekcii kartofelya v Almatinskoi oblasti Kazahstana. [Distribution of mixed viral infections of potato in the Almaty region of Kazakhstan]. *Experimental biology*, 99(2), 91–100. DOI: 10.26577/eb.2024.v99.i2.08.

18 Samarskaya, V.O., Butyrin, F.A., Suprunova, T.P., Spechenkova, N.A., Tal'yanskij, M.E., Kalinina, N.O. (2026). Rasprostranenie i geneticheskoe raznoobrazie virusov kartofelya v regionah Rossii [The distribution and genetic variability of potato viruses in Russian Regions]. *Acta Naturae,* 18(1), 91–103. DOI: 10.32607/actanaturae.27830.

19 Khassanov, V.T., Kiyan, V.S., Shvidchenko, V.K. (2011). Razrabotka immunofermentnoi test-sistemy dlya kompleksnoi diagnostiki naibolee patogennyh virusov kartofelya [Development of an enzyme immunoassay system for complex diagnostics of the most pathogenic potato viruses]. *Experimental biology*, 48(2), 266–270.

20 Gong, H., Igiraneza, C., Dusengemungu, L. (2019). Major in vitro techniques for potato virus elimination and post eradication detection methods. A review. *American journal of potato research,* 96(4), 379–389. DOI: 10.1007/s12230-019-09720-z.

21 Bettoni, J.C., Mathew, L., Pathirana, R., Wiedow, C., Hunter, D.A., McLachlan, A., Nadarajan, J. (2022). Eradication of Potato Virus S, Potato Virus A, and Potato Virus M from infected in vitro-grown potato shoots using in vitro therapies. *Frontiers in plant science*, 13, 878733. DOI: 10.3389/fpls.2022.878733.

Вирустық инфекцияларды скринингтеу және картоптың вируссыз сорттары мен селекциялық үлгілерінің жиынтығын қалыптастыру

Омарова Г.К., Бейсембина Б., Камарова Д.Н., Артемьева А.В., Лидер О.В.

«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Астана, Қазақстан

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Картоп ең маңызды азық-түлік дақылдарының бірі, бірақ оның өнімділігі мен сапасы вирустық аурулардың әсерінен айтарлықтай төмендейді. Картоптың ең көп таралған вирустары түйнектерде жиналады, бұл оларды бақылауды қиындатады және отырғызу материалын сауықтырудың тиімді әдістерін әзірлеуді қажет етеді. Жұмыстың мақсаты отандық және шетелдік селекциялық картоптың вируссыз сорттары мен будандарының коллекциясын құру болды.

Материалдар мен әдістер. Вирус тасымалдаушының диагностикасы картоптың Х вирусын (КХВ), картоптың Y вирусын (КУВ), картоптың S вирусын (KSB), картоптың М вирусын (КМВ) анықтау үшін DAS-ELISA форматында иммуноферменттік талдау әдісімен жүргізілді. DAS-ELISA нәтижелері теріс болған үлгілер *in vitro* культураға енгізіліп, кейіннен микроклондық көбейту үшін пайдаланылды. Асептикалық культура алу үшін өсімдік материалын көп сатылы зарарсыздандыру қолданылды.

Нәтижелері. Иммуноферменттік талдау әдісімен зерттелген картоп сорттары мен селекциялық үлгілерінде картоптың төрт негізгі вирусының болуы анықталып, зерттелген вирустарға теріс реакция көрсеткен үлгілер іріктеліп алынды. Зерттелген материалдың вирустармен зақымдану деңгейінің әртүрлі екені анықталды. Олюшка, Бабаев, Есіл және Silk Rose сорттарының вируссыз үлгілері *in vitro* культурасына енгізіліп, кейіннен көбейту және картоптың вируссыз тұқымдық материалын алу үшін жылыжайға отырғызылды. Сонымен қатар, Red Rose сорты вирустық инфекциядан сауықтыру және кейіннен вируссыз отырғызу материалын алу мақсатында *in vitro* культурасына енгізілді.

Қорытынды. Алынған деректер зерттелген картоп генотиптерінің вирусологиялық мәртебесін бағалауға және зерттелген картоп вирустарынан таза, әрі қарай пайдалануға жарамды үлгілерді анықтауға мүмкіндік берді. Іріктелген вируссыз материал in vitro культурасына сәтті енгізілді, бұл түрлі-түсті жұмсағы бар картоптың сауықтырылған сорттары мен селекциялық үлгілерінің коллекциясын қалыптастыруға, олардың одан әрі шағын көбеюіне және құнды генетикалық материалды сақтауға негіз болды.

Кілт сөздер: картоп вирустары; иммуноферменттік талдау (ИФТ); *in vitro к*ультурасы; вируссыз коллекция.

Screening for viral infection and establishment of a virus-free collection of potato varieties and breeding materials

Gulnur K. Omarova, Bibigul Beisembina, Diana N. Kamarova, Alyona V. Artemyeva, Olga V. Lider

NJSC “S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University”, Astana, Kazakhstan

Abstract

Background and Aim. Potatoes are one of the most important food crops, but their yield and quality are significantly reduced under the influence of viral diseases. The most common potato viruses accumulate in tubers, which makes their control difficult and requires the development of effective methods for improving the planting material. The purpose of the work was to create a collection of virus-free potato varieties and hybrids of domestic and foreign breeding.

Materials and Methods. The diagnosis of virus transmission was carried out using the double-antibody sandwich enzyme-linked immunosorbent assay (DAS-ELISA) to detect potato X-virus (PVX), potato Y-virus (PVY), potato S-virus (PVS), potato M-virus (PVM). Samples with negative ELISA results

were used for *in vitro* culture and subsequent microclonal propagation. To obtain an aseptic culture, a multi-stage sterilization of plant material was used.

Results. Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) detected the presence of four major potato viruses in the potato varieties and hybrids studied. Samples showing negative reactions to the tested viruses were also selected. Different levels of viral infection were identified in the studied plant material. Virus-free samples of Olyushka, Babayev, Esil and Silk Rose varieties were introduced into *in vitro* culture and planted in a greenhouse for subsequent reproduction and production of virus-free potato seed material. The Red Rose cultivar was also introduced into *in vitro* culture for the purpose of virus eradication and subsequent production of virus-free planting material.

Conclusion. The obtained data enabled the assessment of the virological status of the potato genotypes studied and the identification of samples free from the tested potato viruses that are suitable for further use. The selected virus-free material was successfully introduced into in vitro culture, which created the basis for the formation of a collection of improved varieties and breeding samples of potatoes with colored pulp, for their further micropropagation and the preservation of valuable genetic material.

Keywords: potato viruses; enzyme-linked immunosorbent assay (DAS-ELISA); *in vitro* culture; virus-free collection.