

m²; productive bushiness - 1.2 pcs.; ear length - 9.9 cm; the number of grains per ear was 28.3 pcs. with a mass of 1000 grains - 44.4 g, quite high the indicators of the course of formation of productive elements were observed when minimizing soil treatments with pruning of the alfalfa root neck at a depth of 12-14 cm. When winter wheat was mixed after safflower, the best grain yields were achieved with direct sowing of 30.5 c/ha, and when winter wheat was cultivated using alfalfa, the best grain yields of 34.0 c/ha were obtained using traditional technology.

In this dry year, when winter wheat was placed after safflower, its greatest productivity was obtained with direct sowing of 15.0 c/ha, and in the variant with traditional technology and minimization of soil treatments, grain yields were slightly lower compared to direct sowing and amounted to 14.3 and 13.7 c/ha, respectively, which is 0.7 and 1.3 c/ha is lower in comparison with direct sowing.

Key words: winter wheat, traditional technology, minimal processing, direct sowing, crop rotation

Вклад авторов:

Сыдық Досымбек Алмаханбетұлы – Автор обеспечивала обоснования научной новизны полученных результатов, обосновал схему опытов и участвовала при закладке полевых исследований. Осуществляла обработку полученных экспериментальных данных, интерпретацию результатов и формирование выводов. Автор обеспечивала своевременную подготовку научной статьи, проводила ее научную редакцию и оформляла к публикаций.

Еркуатов Рақымжан Нұрлыбекұлы – Проведение полевых экспериментов, закладки опытов, фенологические наблюдения, организация агротехнических мероприятия согласно схеме опытов, сбор и первичная обработка полевых лабораторных исследований, структурный анализ снопов.

Құланбай Қаламқас Жанабекқызы – Автор проводила лабораторные анализы по определению элементов питания и водно - физических свойств почв, осуществляла статистическая обработка данных, подготовка таблиц с результатами для включения в публикацию.

Казыбаева Алима Тасболатовна – Изучение фитосанитарного состояния посевов, определение засоренности, порожженности болезнями и вредителями, анализ показатели урожайности с определением продуктивных элементов.

МРНТИ 34.15.31; 68.35.53; 68.37.31

DOI <https://doi.org/10.37884/3-2025/28>

*А.К. Маденова^{1,2}, Д.И. Калдыбаева^{1,2,4}, Е.Р. Қайыпжан^{1,2}, Ж. Айтымбет^{1,2},
Т.К. Есжанов³, Р.А. Әбдікәрімова^{*1,2}*

¹*Казахский Национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан, aigul.kalikhoshaevna@kaznaru.edu.kz, ms.kaldybaeva93@gmail.com, kaiypzhanova98@mail.ru, zhangeldi017@mail.ru, raigul-95@mail.ru*

²*Казахский научно-исследовательский институт плодовоовощеводства, г. Алматы, Казахстан, aigul.kalikhoshaevna@kaznaru.edu.kz, ms.kaldybaeva93@gmail.com, kaiypzhanova98@mail.ru, zhangeldi017@mail.ru, raigul-95@mail.ru*

³*Казахский научно-исследовательский институт защиты и карантина растений им. Ж. Жиёмбаева, г. Алматы 050070, Казахстан, eszhanov.tynyshbek@mail.ru*

⁴*Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан; ms.kaldybaeva93@gmail.com*

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ДИАГНОСТИКА ВИРУСОВ СЕМЕЧКОВЫХ КУЛЬТУР НА ЮГЕ И ЮГО-ВОСТОКЕ КАЗАХСТАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РТ-ПЦР

Аннотация

Вирусные болезни семечковых культур представляют серьёзную угрозу садоводству южных регионов Казахстана, снижая урожайность и долговечность насаждений. Целью настоящего исследования было выявление комплекса наиболее распространённых вирусов семечковых культур методом обратной транскрипции – полимеразной цепной реакции в реальном времени (ОТ-ПЦР, RT-qPCR). В 2023–2024 гг. было обследовано 57 образцов яблони и груши, отобранных в Алматинской, Жамбылской и Туркестанской областях. Всего тестировались шесть вирусов: ApMV, ASGV, ApNMV, AGCaV, ARWV1 и ARWV2. В результате выявлены три вируса: ApMV (18,3% образцов), ASGV (12,4%) и ApNMV (9,7%). Вирусы AGCaV, ARWV1 и ARWV2 не были обнаружены. Наибольшая заражённость отмечена у сорта яблони Голден Делишес, в то время как у груши вирусы выявлены реже. Впервые представлены систематические данные о распространённости комплекса вирусов семечковых культур в южных регионах Казахстана, что имеет практическое значение для разработки программ по оздоровлению посадочного материала и организации фитосанитарного мониторинга.

Ключевые слова: семечковые культуры, яблоня, вирусные инфекции, фитосанитарный мониторинг, ОТ-ПЦР, садоводство, патогены.

Введение

Семечковые плодовые культуры - одна из наиболее ценных и распространённых групп сельскохозяйственных растений, культивируемых в различных агроклиматических зонах по всему миру. В Республике Казахстан основные направления специализированного садоводства сосредоточены в основном в южных регионах, таких как Туркестан, Алматы и Жамбыл, которые имеют благоприятные условия для выращивания этих культур [1,2].

Современные методы молекулярной диагностики, такие как ОТ-ПЦР, позволяют выявлять фитопатогены на ранних стадиях и проводить системный мониторинг [3].

С развитием сельского хозяйства инфекционные болезни растений становятся все более значимым фактором, влияющим на урожайность и экономическую эффективность [4].

Как установлено, заражение растений вирусной инфекцией возможно только при наличии механических повреждений, через которые возбудитель проникает в ткани хозяина. Растение затем остается инфицированным пожизненно. Распространение вирусов осуществляется при участии различных переносчиков: сосущих насекомых (цикадки, тли, кокцидии и др.), листогрызущих вредителей, клещей. Кроме того, в 1958 г. была подтверждена роль нематод в передаче вирусов, а в 1960–1961 гг. — и отдельных видов грибов [5].

В настоящее время известно более 340 вирусов и вирусоподобных заболеваний, поражающих семечковые культуры и приводящих к значительным экономическим потерям [6].

Среди вирусов, поражающих яблоню и груши, наибольшую фитопатологическую значимость представляют вирус мозаики яблони (Apple mosaic virus, ApMV), вирус бороздчатости побегов яблони (Apple stem grooving virus, ASGV), вирус некротической мозаики яблони (Apple necrotic mosaic virus, ApNMV) и вирус, ассоциированный с зелёной крапчатостью яблок (Apple green crinkle associated virus, AGCaV).

Наиболее изученным является ApMV, инфекция которым приводит к снижению фотосинтетической активности листьев на 3–46 %, что вызывает уменьшение урожайности на 30–40 % у восприимчивых сортов [7]. Вирус ASGV, напротив, протекает бессимптомно, что делает его удобной модельной системой для анализа изменений в транскриптоме, происходящих при вирусной инфекции без внешних проявлений болезни [8].

ApNMV представляет собой новый вирус, обнаруженный у яблонь с симптомами, схожими с вызываемыми ApMV. Он относится к роду *Ilarvirus* семейства *Bromoviridae* и обладает трёхсегментным одноцепочечным РНК-геном положительной полярности [9].

AGCaV, в свою очередь, ассоциирован с характерными патологическими изменениями плодов у чувствительных сортов яблони — деформацией, растрескиванием, покраснением, а в ряде случаев и усыханием деревьев. Этот вирус относится к роду *Foveavirus* и был впервые охарактеризован в рамках исследований, посвящённых заболеванию зелёной крапчатости яблони [10].

Кроме того, вирусы каучукоподобной древесины яблони 1 и 2 (Apple rubbery wood virus 1 – ARWV1 и Apple rubbery wood virus 2 – ARWV2), относящиеся к роду *Rubodvirus*, впервые были идентифицированы в Канаде у яблонь, проявляющих признаки каучукоподобной древесины [11]. Данное заболевание характеризуется изменением структуры древесины, что снижает прочность тканей растения и может приводить к снижению продуктивности деревьев. Позднее ARWV2 был обнаружен в образцах китайской груши, что свидетельствует о потенциальной угрозе распространения данного вируса на другие виды плодовых культур [12]. Несмотря на наличие данных о вирусах семечковых культур в Китае, России и Турции, сведения о распространённости этих патогенов в Казахстане крайне ограничены. В настоящем исследовании впервые проведён молекулярный мониторинг комплекса вирусов семечковых культур в южных регионах Казахстана.

В данном исследовании, проведенные в условиях Туркестанской, Жамбылской и Алматинской областей, показали, что продуктивность деревьев семечковых культур, зараженных комплексом латентных вирусов, в среднем по 7 сортам снижалась на 20%.

Методы и материалы

В рамках данного исследования, для выявления вирусной инфекции в семечковых культурах, были отобраны 57 образцов из садов Алматинской, Туркестанской и Жамбылской областей (Таблица 1.). Диагностика осуществлялась методом обратной транскрипции полимеразной цепной реакции в реальном времени (ОТ-ПЦР), позволяющим идентифицировать следующие вирусы: Apple mosaic virus (ApMV), Apple stem grooving virus (ASGV), Apple rubbery wood virus 1 (ARWV-1), Apple rubbery wood virus 2 (ARWV-2), Apple necrotic mosaic virus (ApNMV) и Apple green crinkle associated virus (AGCaV). Данный метод был выбран для высокочувствительной и специфичной детекции вирусной инфекции.

Таблица 1. Перечень сортов яблони и груши, а также географические координаты мест отбора образцов.

№	Наименование сортов	Сельский округ К/Х Координаты
1.	Талгар Прима S	Талгарский район, Региональный Филиал «Талгар» сады ТОО «КазНИИ плодоовощеводства» N 43°17'27" E 77°12'15"
2.	Талгар Эль Роса	
3.	Талгар Голден Делишес	
4.	Талгар Синап Алматинский	
5.	Талгар Айдаред	
6.	Талгар Ред Эльстар	
7.	Талгар Золотая Корона	
8.	Талгар Московская	
9.	Талгар Пилот	
10.	Талгар Егемен	
11.	Талгар Рахат	
12.	Талгар Кавказ	
13.	Талгар Вильстон Стар	
14.	Талгар Самурет	
15.	Талгар Тюльпан	

16.	Талгар Талгарская	
17.	Талгар Пеструшка	
18.	Талгар Мария ред	
19.	Талгар Джоана голд	
20.	Талгар Салтанат	
21.	Талгар Пинова	
22.	Талгар Эль Графт Эль Стар	
23.	Талгар Бребурн	
24.	Талгар Ветерок	
25.	Талгар Бельфлер Алматинка	
26.	Талгар Фуджи	
27.	Талгар Ренат Ландс	
28.	Харви Демин	
29.	Кармен	
30.	Анжу	
31.	Выставочная	
32.	Ноябрьская	
33.	Клод саблинский	
34.	Бере Регеля	
35.	Талгарская красавица	
36.	Тюлькубас Айдаред	Туркестанская область, Тюлькубасский район, К/Х «Коктал» N42°33'32.288" E70°24'2.687"
37.	Тюлькубас Апорт	
38.	Тюлькубас Розмарин	
39.	Тюлькубас Мелба	
40.	Тюлькубас Старкримпсон	
41.	Тюлькубас Тюльпан	
42.	Тюлькубас Гала	
43.	Тюлькубас Кандиль Синап	
44.	Тюлькубас Голден Делишес	Туркестанская область, Казыгуртский район N41°36'7.637" E69°22'2.022"
45.	Казыгурт Пинк Леди	
46.	Казыгурт Апорт	
47.	Казыгурт Айдаред	
48.	Казыгурт Старкримпсон	Сарыагашский район, село Жемисти Региональный филиал «Сарыагаш» ТОО «КазНИИ плодоовощеводства» N 41°32'2.545" E 69°21'36.069"
49.	Жемисти Белый Налив	
50.	Жемисти Весна	
51.	Жемисти Боровинка Ташкентская	
52.	Жемисти Мелба	
53.	Жемисти Конфетка	
54.	Жемисти Старкримпсон	Жамбылская область, Меркенский район, село Мерке N42°48'.584" E73°10'.387"
55.	Мерке Гузель	
56.	Мерке Конфетка	
57.	Мерке Ред Делишес	

Отобраны перспективные генотипы яблони и груши, показавшие стабильность в полевых условиях. Оценка проводилась по следующим показателям: качество плодов, урожайность, устойчивость к основным болезням и вредителям, экономический и адаптивный потенциал.

Полевой мониторинг с визуальной оценкой симптомов заболеваний проводился во всех обследованных садах. Каждый образец, использованный в исследовании, представляет собой одно дерево. С каждого дерева было отобрано по 15–20 полностью развитых листьев с

направлений восток, запад, север и юг. Образцы хранились в холодильнике при температуре +4 °C до момента выделения РНК.

Выделение РНК проводилось в соответствии с инструкцией kit наборов «ФитоСорб» предназначен для выделения нуклеиновых кислот (НК) из растительного материала. Набор также может использоваться для выделения НК фитопатогенов из растительного материала - вирусов, виroidов, бактерий и др., для выделения НК подходят все части растения – листья, корень, стебель, плод. Набор (kit) реагентов состоит из: экстрагирующего буфера, лизирующего, сорбирующего, осаждающего и промывочных растворов, элюирующего буфера.

Листья подвоев, гомогенизировали ручным методом с применением жидкого азота. Соответственно инструкции рекомендованное количества образцов для вирусной/виroidной инфекции 150-300 мг.

Для реакционной смеси выявления вирусов использовались kit набор для «Real-Time PCR Detection Kit».

Обнаружения специфичных фрагментов РНК вирусов основано на использовании сочетания методов обратной транскрипции и мультиплексной полимеразной цепной реакции с получением результата в режиме реального времени (ОТ-ПЦР).

Каждый комплект «Real-Time PCR Detection Kit» включает в себя праймеры, специфичные для вируса, а его зонд основан на TaqMan технологии. В особенности, праймеры и зонд представляют собой 100% гомологию с более чем 95% эталонных последовательностей из базы данных NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>), доступных на момент разработки.

Компоненты RT-qPCR представляет собой, общий объем смеси 20 мкл, и каждый из них состоит РНК 4 мкл. Для реакционной смеси RT-qPCR анализа использовали амплификатор (QIAGEN Hilden, Germany, Rotor-Gene Q), запрограммированном на один цикл при 50°C для обратной транскрипции 15 мин., 95°C для активации полимеразы 2 мин., затем 40 циклов при 95°C в течение 10 с., и 60°C в течение 30 с.

Результаты и обсуждение

Результаты данного исследования указывают на значительную распространенность латентных вирусных инфекций у семечковых культур, особенно у яблони и груши. В некоторых обследованных регионах уровень инфицированности достигал 100%, что указывает на потенциальную опасность для устойчивого производства плодов. Это особенно актуально при использовании вегетативного размножения, которое способствует эффективной передаче вирусов от материнских растений [13].

Полученные результаты согласуются с результатами более ранних исследований, указывающими на широкое распространение вируса яблони. Например, во Франции вирус был обнаружен у 77% исследованных деревьев. Важно отметить, что сорта груш, как было показано, более восприимчивы к ряду других латентных вирусов, таких как вирус бороздчатости стебля яблони (ASGV) что требует сортоспецифического подхода к мониторингу и санитарной оценке посадочного материала [14].

Распространённость инфекций ARWV-1/ApNMV, насколько нам известно, это первое сообщение о заражении яблонь вирусом ARWV-1 в Китае. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы определить, влияет ли ARWV-1 на урожайность и качество яблок и каким образом [15].

Тестирование на вирусные инфекции является важной мерой предотвращения их распространения, а ОТ-ПЦР в реальном времени широко применяется в фитосанитарных инспекциях для выявления патогенов [16]. Наши предыдущие исследования последовательно демонстрируют, что ОТ-ПЦР обеспечивает более высокую точность выявления вирусов по сравнению с классической ПЦР [17].

Иранские изоляты ASGV имеют ключевое значение для установления происхождения вируса, благодаря уникальному географическому положению Ирана. Расположенный на западной оконечности “Шелкового пути”, исторически связывавшего Евразию с Китаем и

Восточной Азией, и в непосредственной близости от гор Тянь-Шаня, центра одомашнивания яблони [18]. Иран представляет собой потенциальный “горячий след” в истории распространения ASGV. Если вирус впервые поразил яблоки в период их одомашнивания в Тянь-Шане, логично предположить, что иранские изоляты ASGV будут занимать базальное положение на филогенетическом древе [19].

Применение метода ОТ-ПЦР позволило детектировать данные патогены.

Основываясь на диаграмме Санкея (Рисунок 1.). Диаграмма визуализирует распространение вирусов в различных сортах яблок и груш, собранных в разных регионах Казахстана. Она показывает, как каждый сорт связан с определенным регионом, а также какие вирусы были обнаружены в этих сортах. Толщина потоков (связей) указывает на количество образцов с определенной комбинацией регион- сорт-вирус.

Структура диаграммы представляет: Левая сторона: Регионы Казахстана, где были собраны выявленные образцы. Центр: Сорта яблок (желтый) и груш (зеленый). Правая сторона: Вирусы, обнаруженные в образцах (ASGV, ArMV, ARWV1).

Диаграмма позволяет выявить регионы, где определенные вирусы распространены больше, а также какие сорта в этих регионах наиболее подвержены к заражению. В диаграмме видна неравномерность распространения вирусов, что может быть связано с климатическими условиями, практиками сельского хозяйства или другими факторами.

Районы Талгар и Тюлькубас, по-видимому в диаграмме, являются крупнейшими участниками выборки. Район Талгар также имеет самый широкий спектр сортов. Разные сорта яблок имеют разную восприимчивость к каждому вирусу.

Для подтверждения корректности результатов было проведено внутренний контроль. Для внутреннего контроля по анализу (ОТ-ПЦР проводился отдельный канал **Yellow / HEX**, на котором была зафиксирована адекватная амплификация, что подтверждает правильность выполнения анализа. В соответствии с протоколом, значение $Ct > 35$ (**Ct - Cycle threshold**) интерпретируется как отсутствие вирусной инфекции, поскольку такая высокая пороговая величина указывает на минимальную вирусную нагрузку. Важно отметить, что в случае отсутствия реакции в канале **HEX/Yellow** и отсутствии амплификации в канале **FAM/Green** результат следует считать недействительным. Однако в данном случае данные показывают корректную реакцию.

В результате исследования установлено, что некоторые сорта связаны с определенными вирусами только в определенных регионах. Например, ARWV1 и вирус ASGV обнаружено только в сортах груши Харви Демин, Анжу, Ноябрьская, Талгарская красавица в Талгарском районе, Региональный Филиал «Талгар» сады ТОО «КазНИИ плодоовощеводства», ArMV в основном обнаружено в яблонях Туркестанской области, Тюлькубасском районе, К/Х «Коктал» сорт, Голден Делишес, так же был выявлен в Талгарском районе, Региональный Филиал «Талгар» сады ТОО «КазНИИ плодоовощеводства» в сортах яблони (Голден Делишес, Егемен) и груши (Ноябрьская). Следовательно, установлено, что сорт яблони «Голден Делишес» проявляет восприимчивость к вирусу ArMV независимо от географического региона.

Выявленная структура вирусного комплекса согласуется с данными по Китаю, где ArMV и ASGV встречаются в 15–25% деревьев [20, 21]. В России и Киргизстане также доминирует ArMV [22]. В Турции, напротив, более широко распространён ASGV [23].

Отсутствие AGCaV, ARWV1 и ARWV2 в наших образцах может быть связано с сортовым составом и возрастом садов. В Китае эти вирусы чаще выявляются в старых коллекционных посадках [24].

Таким образом, распространённость вирусов семечковых культур в Казахстане имеет как общие черты с соседними странами, так и региональную специфику. Это подчёркивает необходимость расширения мониторинга.

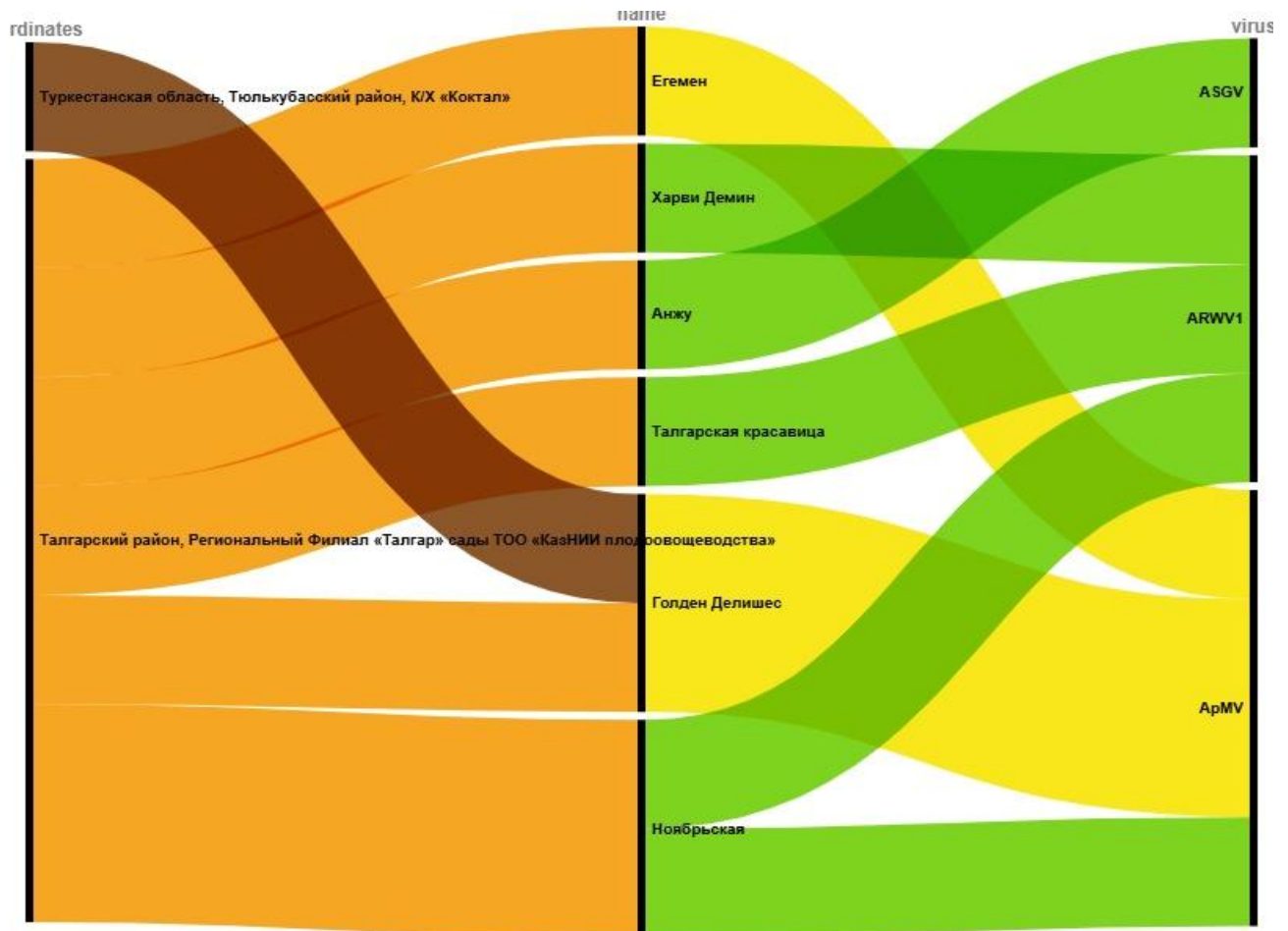


Рисунок 1. Sankey diagram по выявлению вирусов сортов яблони и груши.

Выводы

В ходе исследования методом ОТ-ПЦР были проанализированы образцы семечковых культур из южных и юго-восточных регионов. Полученные данные позволили выявить и количественно оценить распространенность вирусов в исследуемых садах. В ходе исследования было выявлено только три вида вирусов из шести исследованных вирусов. Из трех выявленных вирусов, АрMV является наиболее распространенным среди исследованных патогенов, был выявлен в Талгарском районе, Региональный Филиал «Талгар» сады ТОО «КазНИИ плодовоовощеводства» и в Туркестанской области, Тюлькубасский район, К/Х «Коктал» регионе. Особенно высокие показатели инфицирования показал вирус ARWV1 в сортах груши, зафиксированы в Талгарском районе, Региональный Филиал «Талгар» сады ТОО «КазНИИ плодовоовощеводства». Вирус ASGV был обнаружен только в одном сорте груши Анжу так же в Талгарском районе, Региональный Филиал «Талгар» сады ТОО «КазНИИ плодовоовощеводства».

Метод обратной транскрипции ПЦР в реальном времени показал высокую чувствительность и специфичность в детекции вирусов, что подтверждено двухканальным контролем. Обнаружена высокая инфицированность садов, подчеркивающая важность регулярного фитосанитарного мониторинга для своевременного выявления вирусных заболеваний. Рекомендуются создание сертифицированных вирусологически чистых маточников для оздоровления посадочного материала и сокращения распространения инфекций. Необходим регулярный мониторинг для эффективного контроля вирусных заболеваний и оценки оздоровительных мер. Результаты исследования следует интегрировать в государственные программы по развитию садоводства для разработки профилактических мер, повышения устойчивости отрасли к вирусным заболеваниям в условиях климатических изменений и растущей биологической нагрузки.

Благодарность: Данная работа была поддержана проектом Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по гранту № AP19676378 «Разработка методов получения элитного посадочного материала плодовых культур на основе изучения вирусных заболеваний с помощью биотехнологических подходов» (2023–2025).

Список литературы

1. Bramel P.J.; Volk G., A Global Strategy for the Conservation and Use of Apple Genetic Resources; Global Crop Diversity Trust: Bonn, Germany, 2019; 52p. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.34072.34562>
2. Galymbek K., Madenova A. K., Bakirov S. B., Kabylbekova B. Zh., Irkitbay A., Aitymbet Zh., Kaldybayeva D. I., Abdikarimova R. and Bolat M., Monitoring the distribution and development of apple scab (*Venturia inaequalis*) and powdery mildew (*Podosphaera leucotricha*) disease in the southern and southeast regions of Kazakhstan. Bull. Karaganda Univ. Biol. Med. Geography Series. 110: – 2023. C.38-46. <https://doi.org/10.37884/3-2024/15>
3. Xu H. et al. Association of apple scar skin viroid (ASSVd) infection with an emerging disease in ‘Saiwaihong’ apples //Plant Disease. – 2024. – Т. 108. – №. 10. – C.3170-3175. <https://doi.org/10.1094/pdis-02-24-0328-re>
4. Cardinale B.J., Matulich K.L., Hooper D.U., Byrnes J.E., Duffy E., Gamfeldt L., ... & Gonzalez, A. The functional role of producer diversity in ecosystems //American journal of botany. – 2011. – Т. 98. – №. 3. – С. 572-592. <https://doi.org/10.3732/ajb.1000364>
5. Назаров П.А, Балеев Д.Н., Иванова М.И., Соколова Л.М., Каракозова М.В. Инфекционные болезни растений: этиология, современное состояние, проблемы и перспективы защиты растений // Acta Naturae (русскоязычная версия). 2020. №3 (46). <https://doi.org/10.32607/actanaturae.11026>
6. Saade M, Aparicio F, Sánchez-Navarro J.A, Herranz M.C, Myrta A, Di Terlizzi B, Pallás V. Simultaneous detection of the three ilarviruses affecting stone fruit trees by nonisotopic molecular hybridization and multiplex reverse-transcription polymerase chain reaction. Phytopathology. 2000 Dec; 90(12):1330-6. <https://doi.org/10.1094/phyto.2000.90.12.1330>
7. Chai G., Song L., Jiang Z., Zhang X., Zhang S., Liu M., ... & Zhao L.L. The effect of apple mosaic on photosynthesis of different varieties of apple. Yantai Fruits, 2017. 3, 8-9.
8. Chen S., Ye T., Hao L., Chen H., Wang S., Fan Z., ... & Zhou T. Infection of apple by apple stem grooving virus leads to extensive alterations in gene expression patterns but no disease symptoms //PLoS One. 2014. T.9. №.4. C. e95239. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0095239>
9. Noda H., Yamagishi N., Yaegashi H., Xing F., Xie J., Li S., & Yoshikawa N. Apple necrotic mosaic virus, a novel ilarvirus from mosaic-diseased apple trees in Japan and China //Journal of General Plant Pathology. – 2017. – Т. 83. – №. 2. – С. 83-90. <https://doi.org/10.1007/s10327-017-0695-x>
10. James D., Varga A., Jespersen G. D., Navratil M., Safarova D., Constable F., & Jelkmann W. Identification and complete genome analysis of a virus variant or putative new foveavirus associated with apple green crinkle disease //Archives of Virology. – 2013. – Т. 158. – №. 9. – С. 1877-1887. <https://doi.org/10.1007/s00705-013-1678-7>
11. Rott M. E., Kesanakurti P., Berwarth C., Rast H., Boyes I., Phelan J., & Jelkmann W. Discovery of negative-sense RNA viruses in trees infected with apple rubbery wood disease by next-generation sequencing //Plant Disease. 2018. T.102. №.7. C.1254-1263. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-17-0851-RE>
12. Wang Y., Wang G. P., Hong N., Wang Y. X., Yang Z. K., Guo J. S., ... & Qi L.Y. First report of apple rubbery wood virus 2 infecting pear (*Pyrus* spp.) in China //Plant Disease. – 2019. – Т. 103. – №. 12. – С. 3293-3293. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-19-1451-PDN>
13. Упадышев М.Т., Метлицкая К.В., Петрова А.Д. Распространенность вирусных болезней плодовых и ягодных культур //Плодоводство и виноградарство юга России. – 2017. – №. 44. – С. 5-16.

14. Jeong H.W., Go S.M., Jeong R.D. Rapid and specific detection of apple chlorotic leaf spot virus in pear by reverse-transcription recombinase polymerase amplification //Acta Virol. – 2021. – Т. 65. – №. 65. – С. 237-241. http://dx.doi.org/10.4149/av_2021_214
15. Hu G.J. et al. First report of apple rubbery wood virus 1 in apple in China //Plant Disease. – 2021. – Т. 105. – №. 11. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-01-21-0175-PDN>
16. Cembali T.; Folwell R.J.; Wandschneider P.; Eastwell K.C.; Howell W.E. Economic implications of a virus prevention program in deciduous tree fruits in the US.Crop Prot.2003,22, 1149–1156. [http://dx.doi.org/10.1016/S0261-2194\(03\)00156-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00156-X)
17. Маденова А. и др. Идентификация вирусных заболеваний яблони в казахстанских садах методом от-пцр-рв //Izdenister natigeler. – 2024. – №. 3 (103). – С. 97-108. <https://doi.org/10.37884/3-2024/11>
18. Zohary D., Hopf M., Weiss E. Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin. – Oxford University Press, 2012. <http://dx.doi.org/10.1093/acprof:osobl/9780199549061.001.0001>
19. Shokri S. et al. Evolution and biogeography of apple stem grooving virus //Virology Journal. – 2023. – Т. 20. – №. 1. – С. 105. <http://dx.doi.org/10.1186/s12985-023-02075-2>
20. Xing F. et al. Genomic analysis, sequence diversity, and occurrence of apple necrotic mosaic virus, a novel ilarvirus associated with mosaic disease of apple trees in China //Plant disease. – 2018. – Т. 102. – №. 9. – С. 1841-1847. <https://doi.org/10.1094/pdis-10-17-1580-re>
21. Liu W. Et al. Research progress on genetic basis of fruit quality traits in apple (*Malus domestica*) //Frontiers in Plant Science. – 2022. – Т. 13. – С. 918202. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2022.918202>
22. Волков Ю.Г. и др. Вирусные заболевания плодово ягодных культур на юге российского дальнего востока //Юг России: экология, развитие. – 2022. – т. 17. – №. 4 (65). – с. 88-100. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-4-88-100>
23. Çelik A. Incidence and coat protein characterization of apple stem pitting virus isolates from Isparta province of Turkey //Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi. – 2022. – Т. 8. – №. 3. – С. 475-483. <http://dx.doi.org/10.24180/ijaws.1180101>
24. Khan Z. A. et al. Assessing the de novo assemblers: a metaviromic study of apple and first report of citrus concave gum-associated virus, apple rubbery wood virus 1 and 2 infecting apple in India //BMC genomics. – 2024. – Т. 25. – №. 1. – С. 1057.

References

1. Bramel P.J.; Volk G., A Global Strategy for the Conservation and Use of Apple Genetic Resources; Global Crop Diversity Trust: Bonn, Germany, 2019; 52p. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.34072.34562>
2. Galymbek K., Madenova A. K., Bakirov S. B., Kabylbekova B. Zh., Irkitbay A., Aitymbet Zh., Kaldybayeva D. I., Abdikarimova R. and Bolat M., Monitoring the distribution and development of apple scab (*Venturia inaequalis*) and powdery mildew (*Podosphaera leucotricha*) disease in the southern and southeast regions of Kazakhstan. Bull. Karaganda Univ. Biol. Med. Geography Series. 110: – 2023. C.38-46. <https://doi.org/10.37884/3-2024/15>
3. Xu H. et al. Association of apple scar skin viroid (ASSVd) infection with an emerging disease in ‘Saiwaihong’ apples //Plant Disease. – 2024. – Т. 108. – №. 10. – С.3170-3175. <https://doi.org/10.1094/pdis-02-24-0328-re>
4. Cardinale B.J., Matulich K.L., Hooper D.U., Byrnes J.E., Duffy E., Gamfeldt L., ... & Gonzalez, A. The functional role of producer diversity in ecosystems //American journal of botany. – 2011. – Т. 98. – №. 3. – С. 572-592. <https://doi.org/10.3732/ajb.10003645>.
5. Nazarov P.A., Baleev D.N., Ivanova M.I., Sokolova L.M., Karakozova M.V. Infectious plant diseases: etiology, current state, problems and prospects of plant protection // Acta Naturae (Russian version). 2020. №3 (46). <https://doi.org/10.32607/actanaturae.11026>
6. Saade M, Aparicio F, Sánchez-Navarro J.A, Herranz M.C, Myrta A, Di Terlizzi B, Pallás V. Simultaneous detection of the three ilarviruses affecting stone fruit trees by nonisotopic molecular

hybridization and multiplex reverse-transcription polymerase chain reaction. *Phytopathology*. 2000 Dec; 90(12):1330-6. <https://doi.org/10.1094/phyto.2000.90.12.1330>

7. Chai G., Song L., Jiang Z., Zhang X., Zhang S., Liu M., ... & Zhao L.L. The effect of apple mosaic on photosynthesis of different varieties of apple. *Yantai Fruits*, 2017. 3, 8-9.

8. Chen S., Ye T., Hao L., Chen H., Wang S., Fan Z., ... & Zhou T. Infection of apple by apple stem grooving virus leads to extensive alterations in gene expression patterns but no disease symptoms // *PLoS One*. 2014. T.9. №.4. C. e95239. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0095239>

9. Noda H., Yamagishi N., Yaegashi H., Xing F., Xie J., Li S., & Yoshikawa N. Apple necrotic mosaic virus, a novel ilarvirus from mosaic-diseased apple trees in Japan and China // *Journal of General Plant Pathology*. – 2017. – T. 83. – №. 2. – C. 83-90. <https://doi.org/10.1007/s10327-017-0695-x>

10. James D., Varga A., Jespersen G. D., Navratil M., Safarova D., Constable F., & Jelkmann W. Identification and complete genome analysis of a virus variant or putative new foveavirus associated with apple green crinkle disease // *Archives of Virology*. – 2013. – T. 158. – №. 9. – C. 1877-1887. <https://doi.org/10.1007/s00705-013-1678-7>

11. Rott M. E., Kesanakurti P., Berwarth C., Rast H., Boyes I., Phelan J., & Jelkmann W. Discovery of negative-sense RNA viruses in trees infected with apple rubbery wood disease by next-generation sequencing // *Plant Disease*. 2018. T.102. №.7. C.1254-1263. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-17-0851-RE>

12. Wang Y., Wang G. P., Hong N., Wang Y. X., Yang Z. K., Guo J. S., ... & Qi L.Y. First report of apple rubbery wood virus 2 infecting pear (*Pyrus* spp.) in China // *Plant Disease*. – 2019. – T. 103. – №. 12. – C. 3293-3293. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-19-1451-PDN>

13. Upadyshev M.T., Metlitskaya K.V., Petrova A.D. Prevalence of viral diseases of fruit and berry crops // *Fruit growing and viticulture in the South of Russia*. – 2017. – №. 44. – C. 5-16.

14. Jeong H.W., Go S.M., Jeong R.D. Rapid and specific detection of apple chlorotic leaf spot virus in pear by reverse-transcription recombinase polymerase amplification // *Acta Virol*. – 2021. – T. 65. – №. 65. – C. 237-241. http://dx.doi.org/10.4149/av_2021_214

15. Hu G.J. et al. First report of apple rubbery wood virus 1 in apple in China // *Plant Disease*. – 2021. – T. 105. – №. 11. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-01-21-0175-PDN>

16. Cembali T.; Folwell R.J.; Wandschneider P.; Eastwell K.C.; Howell W.E. Economic implications of a virus prevention program in deciduous tree fruits in the US. *Crop Prot.* 2003, 22, 1149–1156. [http://dx.doi.org/10.1016/S0261-2194\(03\)00156-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00156-X)

17. Madenova A. et al. Identification of viral diseases of apple trees in Kazakhstani orchards by RT-PCR-RV // *Izdenister natigeler*. – 2024. – №. 3 (103). – C. 97-108. <https://doi.org/10.37884/3-2024/11>

18. Zohary D., Hopf M., Weiss E. Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin. – Oxford University Press, 2012. <http://dx.doi.org/10.1093/acprof:osobl/9780199549061.001.0001>

19. Shokri S. et al. Evolution and biogeography of apple stem grooving virus // *Virology Journal*. – 2023. – T. 20. – №. 1. – C. 105. <http://dx.doi.org/10.1186/s12985-023-02075-2>

20. Xing F. et al. Genomic analysis, sequence diversity, and occurrence of apple necrotic mosaic virus, a novel ilarvirus associated with mosaic disease of apple trees in China // *Plant disease*. – 2018. – T. 102. – №. 9. – C. 1841-1847. <https://doi.org/10.1094/pdis-10-17-1580-re>

21. Liu W. Et al. Research progress on genetic basis of fruit quality traits in apple (*Malus domestica*) // *Frontiers in Plant Science*. – 2022. – T. 13. – C. 918202. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2022.918202>

22. Volkov Yu.G. et al. Viral diseases of fruit and berry crops in the south of the Russian Far East // *South of Russia: ecology, development*. – 2022. – T. 17. – №. 4 (65). – C. 88-100. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-4-88-100>

23. Çelik A. Incidence and coat protein characterization of apple stem pitting virus isolates from Isparta province of Turkey // *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*. – 2022. – T. 8. – №. 3. – C. 475-483. <http://dx.doi.org/10.24180/ijaws.1180101>

24. Khan Z. A. et al. Assessing the de novo assemblers: a metaviromic study of apple and first report of citrus concave gum-associated virus, apple rubbery wood virus 1 and 2 infecting apple in India //BMC genomics. – 2024. – Т. 25. – №. 1. – С. 1057.

**А.К. Маденова^{1,2}, Д.И. Калдыбаева^{1,2,4}, Е.Р. Қайыпжан^{1,2}, Ж. Айтымбет^{1,2},
Т.К. Есжанов³, Р.А. Әбдікәрімова^{*1,2}**

¹Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан,
aigul.kalikhodzhaevna@kaznaru.edu.kz, ms.kaldybaeva93@gmail.com,
kaiypzhanova98@mail.ru, zhangeldi017@mail.ru, raigul-95@mail.ru

²Қазақ жеміс-көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, Алматы,
Қазақстан, aigul.kalikhodzhaevna@kaznaru.edu.kz, ms.kaldybaeva93@gmail.com,
kaiypzhanova98@mail.ru, zhangeldi017@mail.ru, raigul-95@mail.ru

³Жазкен Жиембаев атындағы Қазақ өсімдік қорғау және карантин ғылыми-зерттеу
институты, Алматы, Қазақстан, eszhanov.tynyshbek@mail.ru

⁴Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан;
ms.kaldybaeva93@gmail.com

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК ЖӘНЕ ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫС АЙМАҚТАРЫНДАҒЫ АЛМА АҒАШТАРЫН ВИРУСҚА RT-ПТР ӘДІСІМЕН МОЛЕКУЛАЛЫҚ ДИАГНОСТИКАЛАУ

Аңдатпа

Дәнек жемісті дақылдарының вирустық аурулары Қазақстанның оңтүстік өңірлерінің бау-бақшасына елеулі қауіп төндіреді, бұл екпелердің өнімділігі мен беріктігін төмендетеді. Бұл зерттеудің мақсаты кері транскрипция – нақты уақыттағы полимеразды тізбекті реакция (RT-ПТР, RT-qPCR) арқылы ең көп таралған Анар дақылдарының вирустарының кешенін анықтау болды. 2023-2024 жылдары Алматы, Жамбыл және Түркістан облыстарында іріктелген алма мен алмұрттың 57 үлгісі зерттелді. Барлығы алты вирус сыналды: ApMV, ASGV, ApNMV, AGCaV, ARWV1 және ARWV2. Нәтижесінде үш вирус анықталды: ApMV (үлгілердің 18,3%), ASGV (12,4%) және ApNMV (9,7%). Agcav, ARWV1 және ARWV2 вирустары табылған жоқ. Ең көп инфекция "Апорт" және "Алтын дәмді" алма сорттарында байқалды, ал алмұртта вирустар сирек кездеседі. Алғаш рет Қазақстанның оңтүстік өңірлерінде тұқым дақылдары вирустары кешенінің таралуы туралы жүйелі деректер ұсынылды, бұл отырғызу материалын сауықтыру және фитосанитариялық мониторингті ұйымдастыру жөніндегі бағдарламаларды әзірлеу үшін практикалық маңызы бар.

Кілт сөздер: Шекілдеуік дақылдар, алма ағашы, вирустық инфекциялар, фитосанитарлық мониторинг, кері транскрипциялы полимеразалық тізбекті реакция (КТ-ПТР), бақ шаруашылығы, патогендер

**A.K. Madenova^{1,2}, D.I. Kaldybaeva^{1,2,4}, Y.R. Kaiypzhan^{1,2}, Zh. Aitymbet^{1,2},
T.K. Eszhanov³, R.A. Abdikarimova^{*1,2}**

¹ Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan,
aigul.kalikhodzhaevna@kaznaru.edu.kz, ms.kaldybaeva93@gmail.com, kaiypzhanova98@mail.ru,
zhangeldi017@mail.ru, raigul-95@mail.ru

² Kazakh Fruit and Vegetable Research Institute», Almaty, Kazakhstan,
aigul.kalikhodzhaevna@kaznaru.edu.kz, ms.kaldybaeva93@gmail.com, kaiypzhanova98@mail.ru,
zhangeldi017@mail.ru, raigul-95@mail.ru

³ Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine, named after Zhazken
Zhyembayev, Almaty, Kazakhstan, eszhanov.tynyshbek@mail.ru

⁴ Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan;
ms.kaldybaeva93@gmail.com

MOLECULAR DIAGNOSTICS OF POME FRUIT CROPS VIRUSES IN THE SOUTH AND SOUTHEAST OF KAZAKHSTAN USING RT-PCR

Abstract

Viral diseases of seed crops pose a serious threat to horticulture in the southern regions of Kazakhstan, reducing the yield and durability of plantings. The purpose of this study was to identify the complex of the most common viruses of seed crops by the method of reverse transcription – polymerase chain reaction in real time (RT-PCR, RT-qPCR). In 2023-2024, 57 samples of apple and pear trees were examined, selected in Almaty, Zhambyl and Turkestan regions. A total of six viruses were tested: ApMV, ASGV, ApNMV, AGCaV, ARWV1 and ARWV2. As a result, three viruses were identified: ApMV (18.3% of samples), ASGV (12.4%) and ApNMV (9.7%). The AGCaV, ARWV1 and ARWV2 viruses were not detected. The highest infection rate was observed in apple varieties Aport and Golden Delicious, while viruses were detected less frequently in pears. For the first time, systematic data on the prevalence of a complex of seed crop viruses in the southern regions of Kazakhstan are presented, which is of practical importance for the development of programs for the improvement of planting material and the organization of phytosanitary monitoring.

Key words: Pome fruit crops, apple tree, viral infections, phytosanitary monitoring, RT-qPCR, horticulture, pathogens

Авторские вклады: Курирование данных и концептуализация : А.М.; методология: Е.К. и Ж.А.; Проверка и Визуализация Т.Е.; Формальный анализ Д.К. и Р.Ә.

МРНТИ: 34.31.31, 34.35.21, 34.23.13

DOI <https://doi.org/10.37884/3-2025/29>

О.Т. Мухаметжанова¹, А.Ж. Кожобекова¹, К. Мазаржанова²,
Н. Мухамадиев³, Ж.Букабаева⁴

¹Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан

²Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, г. Астана, Казахстан

³Научно-исследовательский институт защиты растений и карантина имени Ж. Жиенбаева, г. Алматы, Казахстан

⁴Университет им. Алихана Бокейханова, г. Семей, Казахстан
nu_rai@mail.ru, ardak.68kz@mail.ru, kmazarzhanova@gmail.com, nurzhan-80@mail.ru, zhanilxan79@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ РАЗМНОЖЕНИЯ И АККЛИМАТИЗАЦИИ СЕЯНЦЕВ ТОПОЛЯ РАЗНОЛИСТНОГО (*POPULUS DIVERSIFOLIA* SCHRENK)

Аннотация

В работе представлены результаты исследования акклиматизации сеянцев тополя разнолистного (*Populus diversifolia schrenk*), полученных методом микроклонального размножения *in vitro*. После переноса растений из стерильной культуры в тепличные условия изучалось влияние различных субстратов на ростовые показатели, приживаемость и развитие корневой системы. В качестве субстратов использовались смеси торфа с песком, вермикулитом, перлитом и лесной почвой. Наилучшие результаты были получены при использовании смеси лесной почвы и песка (1:1), обеспечившей прирост до $4,5 \pm 0,3$ см за 8 недель и приживаемость до 92%, что обусловлено высокой биологической активностью и сбалансированным минеральным составом лесной почвы. Развитие корневой системы демонстрировало равномерную динамику в течение 8 недель адаптации, при этом длина корня