

И.В. Киргизова  
С.Б. Чачина

Омский государственный технический университет, Омск, Россия  
(E-mail: irina.kz-89@mail.ru, ksb3@yandex.ru)

## Влияние вируса картофеля PVS<sup>0</sup> как фактора биотического стресса у растений сибирских сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) на уровень растворимых ферментов пероксидаз

**Аннотация.** В настоящее время отечественные сорта картофеля поражены фитопатогенными вирусными инфекциями, которые приводят к снижению урожая до 80%, поэтому актуальным является изучение системы защиты растений картофеля от биотических факторов окружающей среды.

Целью работы являлось изучение уровней антиоксидантного фермента пероксидазы в ответ на воздействие вирусной инфекции PVS, которая является наименее изученной и широко распространенной инфекцией на территории Западной Сибири.

**Ключевые слова:** вирусы картофеля, активные формы кислорода, Potatovirus S (PVS), антиоксидантные ферменты.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2020-132-3-28-42>

**Введение.** Анализ опубликованных фундаментальных работ, посвященных окислительному стрессу у растений, свидетельствует о повышенном внимании влияния окислительного стресса на уровни ферментов антиоксидантной защитной системы при абиотических и биотических стрессах [1–5]. Установлено, что при нормальных условиях роста растений картофеля уровни активных форм кислорода (ROS) и уровни антиоксидантных ферментов у растений находится в равновесии [6,7]. Однако при воздействии неблагоприятных факторов окружающей среды (биотических и абиотических стрессоров) у растений реакции сопровождаются повышением уровней активных форм кислорода в клетках и тканях растений.

Повышение аккумуляции активных форм кислорода в растительных клетках и тканях является одними из ранних и распространенных ответных реакций растений на воздействие неблагоприятных факторов окружающей среды, в том числе в ответ на вирусные инфекции [8]. При этом растения картофеля (*Solanum tuberosum* L.) относятся к культурам, которые сильно подвержены инфицированию вирусными инфекциями, приводящим к ухудшению качественных характеристик, снижению урожайности, уменьшению сроков хранения [9–11].

Вирусные инфекции являются одними из главных ограничивающих факторов развития промышленного картофелеводства России [12]. В настоящее время количество и регионы распространения вирусных болезней картофеля существенно увеличивается за счет расширения круга хозяев у вирусов и определения новых ранее неизвестных вирусов или их более опасных штаммов [13–15].

Основными причинами увеличения распространения вирусов, которые поражают картофель, являются расселение переносчиков вирусов, в особенности тлей и «супер-векторов», та-

ких как *Bemisia tabaci* и *Frankliniella occidentalis*, изменение климатических условий, а также недостаточный контроль скрытой вирусной инфекции у импортируемого семенного материала картофеля, отсутствие обновления посадочного материала отечественных сортов картофеля [16,17]. Согласно исследованиям ученых Рогозиной Е.В., Мироненко Н.В., активизация торговых отношений, а также поставка зарубежной сельскохозяйственной продукции картофеля приводят к появлению в защищенном грунте северных стран, таких как Россия, Финляндия и др., фитовирусов, которые являются типичными представителями тропической и субтропической зоны [18,19].

Наиболее распространенными и вредоносными на территории Российской Федерации являются пять вирусов: вирус скручивания листьев картофеля (Potato leafrollvirus, PLRV), Y вирус картофеля (Potato virus Y, PVY), X вирус картофеля (Potato virus X, PVX), S вирус картофеля (Potato virus S, PVS), M вирус картофеля (Potato virus M, PVM) [20]. Анализ работ отечественных и зарубежных авторов и результаты собственных исследований позволили представить подробные характеристики мозаичных вирусов на территории Омска и Омской области [21,22]. В таблице 1 представлена характеристика основных фитопатогенных вирусов, поражающих сибирский картофель.

Таблица 1

Характеристика мозаичных вирусов, распространенных на территории Западной Сибири

Наименование вируса	Морфологическое проявление симптомов	Распространение	Снижение продуктивности, %	Воздействие вирусных частиц
PVX	Мозаичность, пожелтение жилок, верхушечный некроз, межжилковая мозаика	Сильное	30– 40	Снижение урожайности, уменьшение уровня белков, уменьшение размеров клубней
PVY	Полосчатость листьев, некротизация жилок листа, легкое обламывание листьев, стрик, морщинистость	Очень сильное	60– 85	Уменьшение размеров клубней, снижение содержания крахмала. При совместном инфицировании с др. вирусами возможна полная потеря урожая картофеля
PVM	Мозаика, закручивание листьев, мозаичность верхних листьев, курчавость	Сильное	До 20	Общее снижение урожая
PVS	Некроз листьев, пожелтение листьев, отклонение кончиков листьев, морщинистость	Сильное	10– 20	Общее снижение урожая, снижение качественных характеристик
PLRV	Скручивание листьев, хлороз, некроз листьев	Сильное	40– 50	Уменьшение размеров клубней, снижение урожая

В качестве объекта исследований был выбран вирус картофеля PVS, который является одним из наименее изученных, но широко распространенных вирусов на территории г.Омска

и Омской области. Мозаичный вирус картофеля PVS приводит к значительному снижению урожайности и качества семенного картофеля при совместном заражении с другими фитовирусами [23,24]. Вирус PVS имеет мировое распространение и встречается практически во всех регионах, в которых возделывается культура картофеля. При инфицировании растений разных сортов картофеля симптомы вирусной инфекции практически не проявляются [25,26].

Вирус PVS относится к семейству *Betaflexiviridae*, подсемейству *Quin virinae* Q, роду *Carlavirus*. Вирионы данного вируса содержат одну молекулу линейной РНК размером около 5,9–9,0 т.п.н. Вирусная РНК закрыта на 5' конце с помощью m7G и имеет полиаденилированный тракт на 3' конце [27]. Представители рода *Carlavirus* имеют слегка изогнутые нитевидные частицы длиной около 610–700 нм и диаметром 12–15 нм (рис.1).

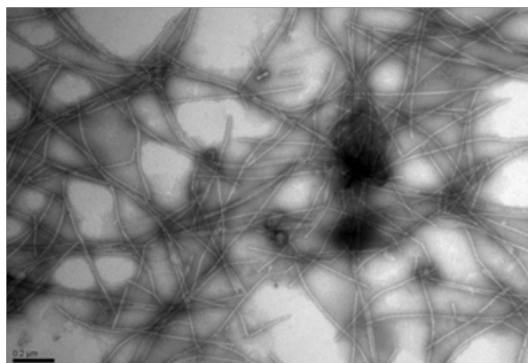


Рисунок 1 – Электронная микрофотография вируса картофеля PVS в очищенном препарате (Bar– 0.2 μm) [28]

Существует предположение о том, что структура рода *Carlavirus*, вероятно, аналогична структуре рода *Potexviruses* и вероятность, что данные роды вирусов либо тесно, либо отдаленно связаны друг с другом, и эти отношения подтверждены филогенетическим анализом вирусных белков [29,30].

В настоящее время, считается, что признанными являются два штамма вируса PVS: обычный (PVS<sup>0</sup>) и штамм Andean (PVS<sup>A</sup>) [31,32,33]. Штамм Andean (PVS<sup>A</sup>), в отличие от более широко распространенного штамма вируса PVS<sup>0</sup>, вызывает более серьезное поражение растений картофеля, приводящее к преждевременному отмиранию листьев [34]. На рисунке 2 представлена фотография листьев картофеля безвирусного растения картофеля и инфицированного вирусом PVS растения.



Рисунок 2. Симптомы вируса картофеля PVS на листьях картофеля *Solanum tuberosum* L [35]

Классификация штаммов вируса S основывается на способности инфицировать травянистые растения *Chenopodium Quinoa*. В ходе механической инокуляции растений. Штамм вируса PVSA обладает способностью заражать растения *Chenopodium Quinoa*, а штамм вируса PVS0 индуцирует более серьезное поражение, приводящее к преждевременному отмиранию листьев.

Штаммы вируса PVS<sup>A</sup> первоначально были открыты в Южной Америке, однако позднее изоляты вируса были обнаружены и описаны в ряде других стран: Нидерландах, США, Новой Зеландии, Великобритании и Германии. В Колумбии также обнаружен новый изолят вируса PVS, поражающий картофель [36]. Ученые предполагают, что новые изоляты вируса PVS образуются в результате рекомбинации между штаммами PVS<sup>A</sup> и PVS<sup>0</sup> [37,38].

Согласно статистическим данным по влиянию вируса картофеля PVS на выход клубневого материала картофеля, процент урожайности картофеля снижается до 20–25%, а при совместном инфицировании с другими вирусами, такими как PVS+PVM и PVS+PVX, процент урожайности картофеля снижается до 60% [39,40].

Типичными морфологическими признаками заражения вирусной инфекцией у растений картофеля являются: углубление жилок, морщинистость, крапчатость, некоторые сорта реагируют краевым некрозом листьев и жилкованием. Распространение вирусных частиц в основном осуществляется посредством контакта между здоровыми и пораженными растениями, стеблевыми или клубневыми прививками, а также переносчиками [41].

Анализ современных разработок и научных трудов ведущих специалистов в области молекулярной биологии и биохимии также показал актуальность изучения уровней активности антиоксидантных ферментов у растений картофеля под воздействием различных стрессовых факторов. Несмотря на то, что в последние годы достигнуты большие результаты по изучению генерации активных форм кислорода в ответ на стрессовые факторы окружающей среды, многие аспекты все еще остаются малоизученными и наблюдается недостаток знаний по некоторым функциям и по тому, какое влияние они оказывают на растения картофеля.

Существует необходимость изучения активности антиоксидантных ферментов у сортов картофеля, отличающихся по устойчивости к вирусам и срокам созревания, для более детального понимания процессов передачи сигналов у разных генотипов картофеля и активации их защитных механизмов вследствие распространения вирусной инфекции (вируса картофеля PVS).

**Материалы и методы.** В качестве объектов исследований были использованы сибирские сорта картофеля, которые отличаются по устойчивости к мозаичным вирусам: «Алена» – ранний, умеренно восприимчивый сорт; «Ермак» – ранний, средневосприимчивый сорт; «Хозяюшка» – среднеспелый, умеренно устойчивый сорт.

*Индукция каллусных тканей из эксплантов картофеля в условиях in vitro.*

Получение первичной каллусной культуры, пассирование, индукцию стебелевого органогенеза проводили по методике Калашниковой Е.А. [42].

*Регенерация растений из каллусных культур in vitro.*

Морфогенные каллусные культуры переносились в пробирки с агаризованной питательной средой по минеральному составу Мурасиге–Скуга с добавлением зеатина (1,0 мг/л), ИУК (0,1 мг/л), фолиевой кислоты (0,5 мг/л), глюкозы (10 000 мг/л), сахарозы (30 000 мг/л). После морфогенеза растения–регенеранты массово размножали при помощи микроклонального размножения в условиях in vitro. Микроклональное размножение растений картофеля проводили согласно ГОСТу [43] на агаризованной питательной среде с внесением феруловой кислоты, кинетина.

*Инокуляция растений картофеля (*Solanum tuberosum*) вирусной инфекцией.*

Для заражения мозаичным вирусом PVS0 растения отбирались в возрасте 4–х недель в строгом соответствии сортовым особенностям с одинаковыми морфологическими признаками (высота растений, развитие листовых пластинок, вегетационная масса). Заражение осуществля-

лось легкими круговыми движениями путем втирания инокуляционной смеси в поверхность листовых пластин растений картофеля. Инокуляционная смесь содержала 10мМ натрий-фосфатный буфер (рН 6,9–7,0 (рН метр, ConsortC931, Бельгия) и карборандума (d=0,037 мм).

*Диагностика вирусов картофеля методом ИФА.*

Для тестирования инфицированных растений картофеля вирусной инфекцией (PVS0) методом ИФА с каждого генотипа картофеля отбирались по 3 образца (у каждого растения брали нижний черенок с листочком). Тестирование сортообразцов картофеля на наличие вирусной инфекции осуществляли с использованием набора тестеров к вирусам (ИФА, оптическая плотность на приборе Multiskan plus, фильтр 450).

*Определение активности пероксидаз.*

Определение активности пероксидазы осуществляли колориметрическим методом, который основан на определении скорости реакции окисления бензидина до образования синего продукта его окисления при наличии перекиси водорода и пероксидазы. Навеску растительной ткани (стебли и листья) массой 200–300 мг растирали на льду в фарфоровой ступке с добавлением 500 мкл ацетатного буфера (рН 5,0). Растительный гомогенат центрифугировали в течение 10 минут при 12 000 об/мин (Eppendorf, Centrifuge 5804 R, США). Далее супернатант переносили в новые центрифужные пробирки на 1500 мкл, пробирки вортиксировали в течение 5 минут.

В состав реакционной смеси входили: 980 мкл 0,2 М натрий-ацетатный буфер (рН 5,0), 500 мкл 0,01% раствор солянокислого бензидина, 20 мкл растительного экстракта, 500 мкл 0,3% перекиси водорода. Раствор 0,2 М натрий-ацетатного буфера готовился из сток-растворов 0,2 М СН<sub>3</sub>СООН (2,4 мл СН<sub>3</sub>СООН доводился до 200 мл бидистиллированной Н<sub>2</sub>О) и 0,2 СН<sub>3</sub>СООНNa (5,44 г СН<sub>3</sub>СООНNa доводится до 200 мл бидистиллированной Н<sub>2</sub>О).

В ацетатный буфер вносился фенилметилсульфонилфторид (34 г растворяли в 2 мл изопропилового спирта). При приготовлении 0,01% раствора солянокислого бензидина 56 мг бензидина растворяли в 10 мл ледяной уксусной кислоты и доводили до 60 мл дистиллированной Н<sub>2</sub>О. В состав контрольной смеси входило 1480 мкл натрий-ацетатного буфера (рН 5,0), 500 мкл 0,01% раствора солянокислого бензидина, 20 мкл растительного экстракта. Измерения проводились при длине оптической плотности 590 нм ежесекундно в течение 120 секунд.

*Определение активности изоферментов пероксидазы in gel.*

Разделение изоформ антиоксидантных ферментов осуществляли методом нативного гель-электрофореза белков в не-денатурирующих условиях, исключая дадецилсульфат 12% и 10% в полиакриламидных гелях. Для нативного гель электрофореза (7,5%) готовили разделяющий и концентрирующие гели. В состав электродного буфера (рН 8,8) входили 1,8 мМ ЭДТА, 50 мМ Трис-НСl и 300 мМ глицина. В состав (нижнего) разделяющего геля (10 мл) входили сток-растворы №5– 2,5 мл, №3 –1,9 мл, 10% персульфат аммония –150 мкл, TEMED– 15 мкл для полимеризации геля. В сток раствор №3 (рН 8,5) входил ТРИС –11,47 г, объем доводили до 100 мл дистиллированной водой, уровень рН регулировался НCl. В состав раствора №5 входил акриламид – 38 г, BIS акриламид – 2 г, объем раствора доводился до 100 мл дистиллированной водой. Разделяющий гель (верхний) (5мл) готовился из растворов №4 – 1,25 и №6– 2,5 мл с внесением 10% персульфата аммония – 80 мкл и TEMED – 8 мкл.

В состав концентрирующего геля (10 мл) входили сток-растворы № 6–5 мл, №4 – 2,5 мл, бидистиллированная вода – 2,5 мл, TEMED–8 мкл, APS – 100 мкл. Сток растов №4 (рН 6,9) содержал ТРИС –1,92 г, объем доводился до 100 мл дистиллированной водой, уровень рН регулировался НРОЗ. В состав раствора №6 входил акриламид–5 г, BIS акриламид –1,25 г, объем раствора доводился до 100 мл дистиллированной водой. В миникамеру (Tetra cell, BioRad, США) заливался разделяющий гель, далее для выравнивания поверхности геля и предотвращения подсушивания кромки геля вносили дистиллированную воду. После полимеризации нижнего геля дистиллированную воду удаляли, вносили концентрирующий гель с установкой гребня с

целью формирования загрузочных лунок для внесения образцов. Миникамера переносилась в камеру для вертикального электрофореза. Электродные буферы для проведения нативного электрофореза готовились на бидистиллированной воде и использовались в охлажденном виде. Нижний буфер (1л) содержал ТРИС –7,6 г, при рН 7,6. Верхний буфер (1л) содержал ТРИС – 4,56 г, глицин – 3,8 г, при рН 8,8. Исследуемые образцы смешивались с буфером для образцов в отношении 4:1 и вносили в лунки полиакриламидного геля.

Активность антиоксидантного фермента пероксидазы в нативном геле электрофореза определялась с помощью субстрата 0,3 % перекиси водорода. Гель (10%) помещается в субстрат, содержащий 50 мл 50 мМ ацетатного буфера (рН 5,5), 100 мкл 3% раствора перекиси, 20 мг 3,3', 5,5'-триметилбензидина.

*Статистический анализ данных.*

Статистический анализ данных проводился с использованием программного обеспечения: Microsoft Excel, Graph Pad Prism v 8.

**Результаты и их обсуждение.** *Индукция каллусных тканей из эксплантов картофеля в условиях in vitro.*

Культивирование эксплантов картофеля осуществлялось в условиях полной темноты при температуре 26±20С и относительной влажности 70–80%. Питательные среды (ПС) отличались по составу разным содержанием фитогормона ауксина: 2,4-Д (1–5 мг/л). В качестве контрольного варианта питательной среды (ПС (К.)) использовалась безгормональная питательная среда Мурасиге – Скута.

Отмечено, что каллусогенез эксплантов картофеля, культивируемых в условиях полной темноты на питательных средах с содержанием ауксина 2,4-Д и цитокинина-кинетина, характеризовался разрывом поверхности культивируемых дисков и стеблевых эксплантов и обильным разрастанием каллусной ткани. Наиболее интенсивно каллусогенез протекал на питательной среде по прописи минерального состава Мурасиге–Скута с добавлением 5 мг/л 2,4-Д и 0,25мг/л кинетина в условиях темноты (рис.2).

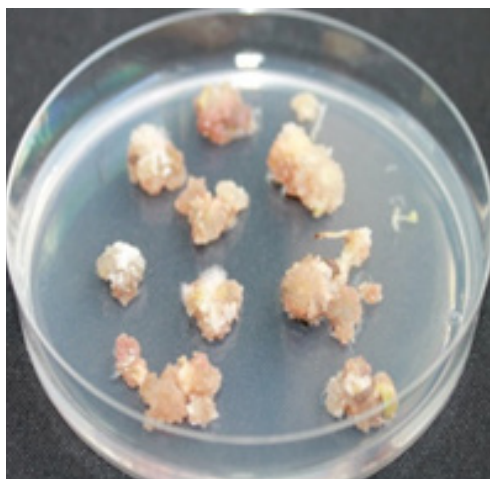


Рисунок 2 – Каллусные культуры сорта картофеля «Алена»

*Регенерация растений из каллусных культур in vitro.*

Из морфогенных каллусных культур, перенесенных в пробирки с агаризованной питательной средой по минеральному составу Мурасиге-Скута с добавлением зеатина (1,1 мг/л), ИУК (0,2 мг/л), фолиевой кислоты (0,5 мг/л), глюкозы (10 000 мг/л), сахарозы (30 000мг/л), была получена коллекция меристемных растений-регенерантов картофеля, свободных от вирусной инфекции для проведения дальнейших экспериментов [44]. На рисунке 3 представлены безвирусные растения – регенеранты сорта «Алена» на 21 сутки культивирования.

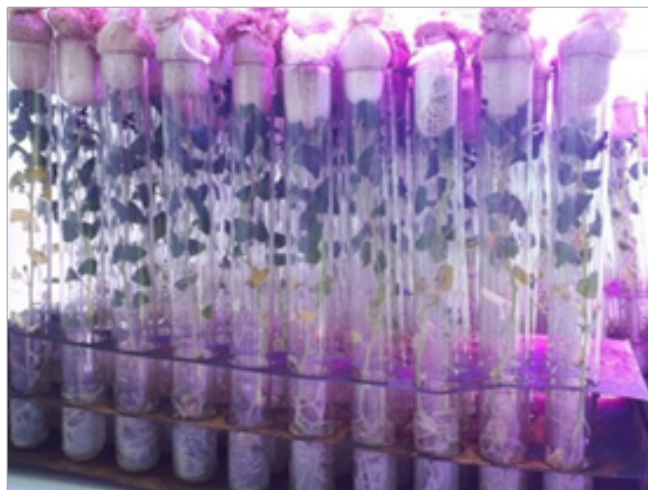


Рисунок 3 – Растения–регенеранты картофеля сорта «Алена»

*Инокуляция растений картофеля (*Solanum tuberosum*) вирусной инфекцией PVS<sup>0</sup>.*

Растения картофеля, инокулированные картофельным вирусом PVS (штамм PVS<sup>0</sup>) проявляли внешние признаки развития вирусной инфекции при развитии вирусных частиц и распространения вируса картофеля на 5 – 7 сутки культивирования (рисунок 4).



Рисунок 4 – Морфологические признаки развития вирусной инфекции PVS картофеля у сорта «Алена» на 1, 7, 14 сутки выращивания

У зараженных растений картофеля проявлялись морфологические признаки развития вирусной инфекции PVS (инфекции PVS<sup>0</sup>), что проявлялось в значительном отставании роста инокулированных растений от контрольной группы здоровых растений. В результате работы у инфицированных растений картофеля наблюдались повреждения листовых пластинок, увядание листьев среднего яруса, некрозы.

В контрольной группе растений картофеля морфологических признаков проявления и развития вирусной инфекции не наблюдалось (рис.5).

Диагностика растений картофеля сибирских сортов «Ермак», «Алена», «Хозяюшка» методом ИХА– диагностики показала наличие вирусной инфекции PVS у группы инфицированных растений сортов «Ермак», «Алена», «Хозяюшка», которые использовались для дальнейшей серии экспериментов.

*Определение активности пероксидазы*

В ходе экспериментальных данных, полученных в результате определения активности ферментов пероксидазы, отмечалось, что у сорта картофеля «Хозяюшка» были наиболее выражены

ные изменения уровней пероксидазы. Увеличение уровней растворимого фермента пероксидазы у среднеспелого сорта картофеля «Хозяюшка» прослеживалось практически в два раза по сравнению с контрольной группой растений картофеля (рис.6).

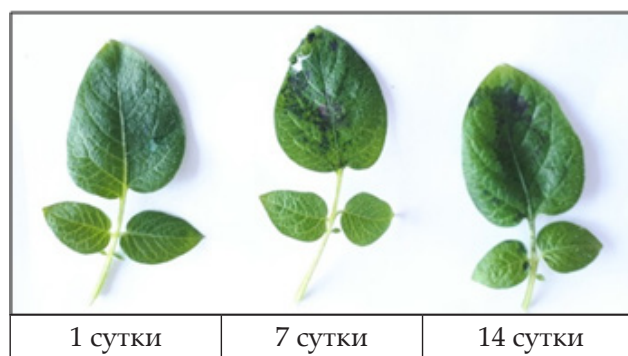


Рисунок 5 – Контрольная группа растений картофеля сорта «Алена» на 1, 7, 14 сутки выращивания

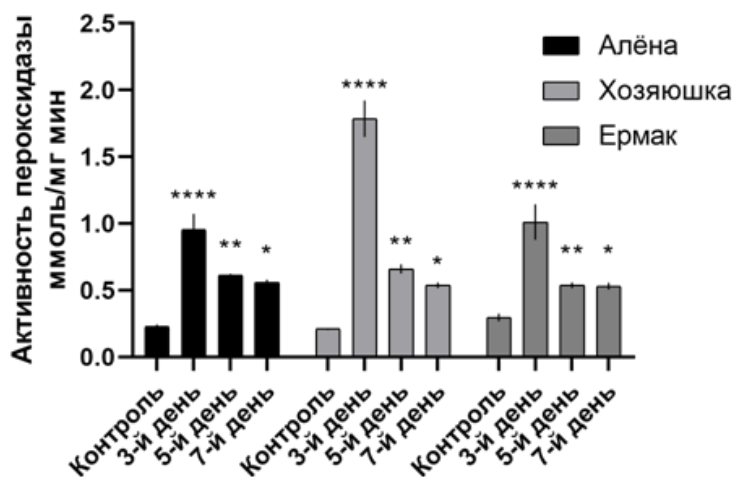


Рисунок 6 – Определение активности пероксидазы в листьях растений картофеля сорта «Хозяюшка» при инфицировании вирусом (PVS<sup>0</sup>), где контроль – безвирусные образцы сибирских сортов картофеля, 3,5,7 дни – длительность культивирования инфицированных растений.

Следует отметить, что у инфицированных вирусной инфекцией растений картофеля общий уровень активности фермента пероксидазы повышался по сравнению с контрольной группой растений. Активность фермента рассчитывали с использованием коэффициента экстинкции перекиси водорода ( $40 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ) и выражали как  $\text{mM H}_2\text{O}_2/\text{мин} \cdot \text{mg}$  белка. Наибольшая активность ферментов пероксидазы была отмечена на 3 сутки культивирования и составляла: у сорта картофеля «Хозяюшка» среднее значение общей активности пероксидазы составляло – 0,18 (ммоль/мг мин) в контроле – 0,02 (ммоль/мг мин), у сорта картофеля «Ермак» – 0,10 (ммоль/мг мин) в контроле – 0,03 (ммоль/мг мин), а у сорта «Алена» – 0,9 (ммоль/мг мин) в контроле 0,02 (ммоль/мг мин).

*Определение активности изоферментов пероксидазы in gel.*

При определении изоферментного спектра у здоровой группы растений картофеля сибирских сортов «Ермак», «Алена» и «Хозяюшка» была выявлена активность двух изоформ – Pex-1, Pex-2 (рис.7).



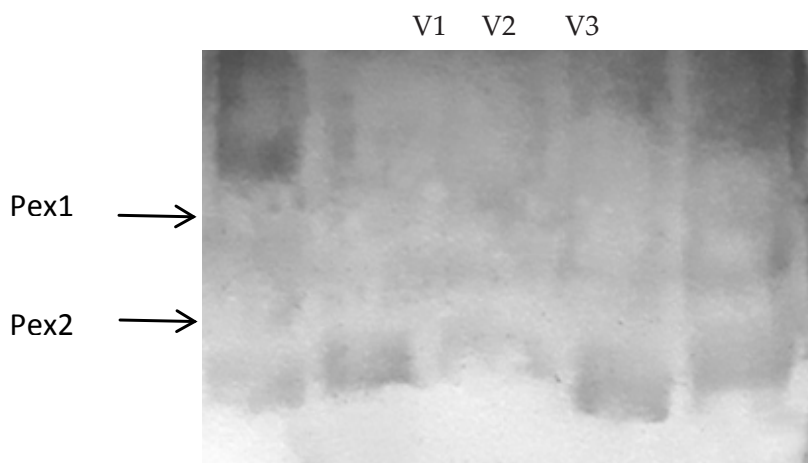


Рисунок 7 – Определение изоферментного спектра пероксидаз в листьях растений картофеля при инфицировании вирусом (PVS<sup>0</sup>), где контроль V1,V2,V3 – безвирусные образцы сибирских сортов картофеля

В ходе определения активности изоферментного состава растворимых пероксидаз у растений картофеля, инфицированных вирусом на 3 сутки культивирования, отмечалась активность трех изоформ пероксидаз: Pex-1, Pex-2 и Pex-3 (рис.8).

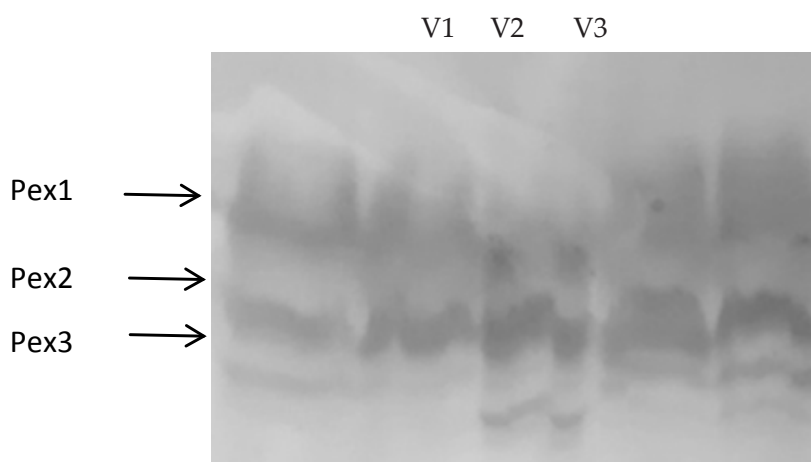


Рисунок 8 – Определение изоферментного спектра пероксидаз в листьях растений картофеля при инфицировании вирусом (PVS<sup>0</sup>), где V1,V2,V3 – образцы сибирских сортов картофеля, где V1 – «Хозяюшка», V2 – «Алена», V3 – «Ермак»

Результаты показывают более высокое содержание изоформ ферментов пероксидаз на 3 сутки у генотипов картофеля сорта «Хозяюшка», который является умеренно устойчивым к фитовирусам PVS, PVM, PVX и устойчивого к вирусу PLRV, а также сорта «Алена», умеренно устойчивого к фитовирусам PLRV, PVS и умеренно восприимчивого к вирусам PVX, PVY, PVM по сравнению с сортом «Ермак», который является более восприимчивым к мозаичным вирусам картофеля.

Экспрессия изоформ пероксидаз в ответ на инфицирование вирусом картофеля PVS<sup>0</sup> зависела от продолжительности развития вирусной инфекции. Отмечается, что на 7 сутки культивирования уровень активности экспрессии ферментов пероксидаз снижался.

В результате воздействия биотического стрессора (PVS<sup>0</sup>) у растений умеренно устойчивого к вирусным инфекциям среднеспелого сорта картофеля «Хозяюшка» отмечался наиболее высоко-

кий уровень активности пероксидазы по сравнению с ранним средневосприимчивым сортом «Алена» и ранним восприимчивым сортом «Ермак», что дает возможность их ранжирования по данному признаку.

**Заключение.** В заключении следует отметить, что вероятнее всего в клетках, контрастных по устойчивости к мозаичному вирусу картофеля PVS сибирских сортов картофеля, осуществляются различные стратегии защиты от биотического стрессора. В клетках и тканях умеренно устойчивого сорта она, вероятно, связана с активацией внеклеточных изоформ пероксидазы, которые приводят к нейтрализации патогенов и своевременному запуску сигнальных защитных механизмов клеток растений. При инфицировании вирусом PVS восприимчивых сортов картофеля происходит синтез новых молекул пероксидазы, что увеличивает время формирования защитного ответа.

### Список литературы

1. Banerjee A., Roychoudhury A. Abiotic stress, generation of reactive oxygen species, and their consequences: an overview Revisiting the role of reactive oxygen species (ROS) in plants: ROS Boon or bane for plants. – 2018. – P. 23-50.
2. Taheri P., Kakooee T. Reactive oxygen species accumulation and homeostasis are involved in plant immunity to an opportunistic fungal pathogen, *Journal of Plant Physiology*. – 2017. – Vol. 216. – P. 152– 163.
3. Camejo D., Guzman– Cedeno A., Moreno A. Reactive oxygen species, essential molecules, during plant–pathogen interactions // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2016. – Vol. 103. – P. 10– 23.
4. Ali M. et al. Reactive oxygen species (ROS) as defenses against a broad range of plant fungal infections and case study on ROS employed by crops against *Verticilliumdahliae* wilts // *Journal of plant interactions*. – 2018. – Vol. 13. – №. 1. – P. 353– 363.
5. Kankam F., Lumei P., Huizhen Q. Effects of 3– methylthiopropionic acid (MTPA) phytotoxin produced by *Rhizoctoniasolani* on reactive oxygen species (ROS) metabolism of potato plants // *Advances in Agricultural Science*. – 2019. – Vol. 7. – №. 1. – P. 11– 23.
6. Kapoor D. et al. Antioxidant enzymes regulation in plants in reference to reactive oxygen species (ROS) and reactive nitrogen species (RNS) // *Plant Gene*. – 2019. – Vol.19. – P. 100182.
7. Cramer G. R. Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective // *BMC plant biology*. – 2011. – Vol. 11, №. 1. – P. 163.
8. Yu Y., WeiweiZhou., XinLiang, KejinZhou, Xianyong Lin. Increased bound putrescine accumulation contributes to the maintenance of antioxidant enzymes and higher aluminum tolerance in wheat // *Environmental pollution*. – 2019. – Vol. 252. – P. 941– 949.
9. Baxter, A. ROS as key players in plant stress signalling / A. Baxter, R. Mittler, N. Suzuki // *Journal of experimental botany*. – 2013. – Vol. 65. – №. 5. – P. 1229–1240.
10. Mittler R. ROS signaling: the new wave? // *Trends in plant science*. – 2011. – Vol. 16. – №. 6. – P. 300–309.
11. Shah, J. Zeier J. Long–distance communication and signal amplification in systemic acquired resistance // *Frontiers in Plant Science*. [Электрон. ресурс]. – 2013. – Vol. 4. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3579191>. (дата обращения: 02.10. 2020).
12. Анисимов Б. В. Вирусные болезни и их контроль в семеноводстве картофеля // *Защита и карантин растений*. [Электрон. ресурс]. – 2010. URL: [cyberleninka.ru/article/n/virusnye-bolezni-i-ih-kontrol-v-semenovodstve-kartofelya](http://cyberleninka.ru/article/n/virusnye-bolezni-i-ih-kontrol-v-semenovodstve-kartofelya) (дата обращения: 05.10.2020).
13. Visser, J. C. The Recent Recombinant Evolution of a Major Crop Pathogen, Potato virus Y / J. C. Visser, D. U. Bellstedt, M. D. Pirie. // *PLoS ONE*. – 2012. – Vol.7. – №. 11. – P.e50631.
14. Al– Shahwan I. M., O.A.Abdalla, M.A.Al– SalehM.A.Amer. Detection of new viruses in alfalfa, weeds and cultivated plants growing adjacent to alfalfa fields in Saudi Arabia // *Saudi Journal of Biological Sciences*. – 2017. – Vol. 24. – №. 6. – P. 1336– 1343.
15. Donnelly R. Cunniffe NJ, Carr JP, Gilligan CA. Pathogenic modification of plants enhances long–distance dispersal of nonpersistently transmitted viruses to new hosts // *Ecology*. – 2019. – Vol. 100. – №. 7. – P. e02725.
16. Petrusheva M., Mitrev S., Arsov E. Healthcare of the imported potato samples in the republic of north Macedonia // *Journal of Agriculture and Plant Sciences*. – 2020. – Vol.18. – №. 1. – P. 45– 55.

17. Макарова С.С., Макаров В.В., Тальянский М.Э., Калинина Н.О. Устойчивость картофеля к вирусу: современное состояние и перспективы. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. – Т.21. – №1. – С. 62–73.

DOI 10.18699/VJ17.224

18. Рогозина Е.В., Мироненко Н.В., Афанасенко О.С., Мацухито Ю. Широко распространенные и потенциально опасные для российского агропроизводства возбудители вирусных болезней картофеля // Вестник защиты растений. 2016. – Т. 4. – №90. – С. 24– 33.

19. Афанасенко О.С., Михайлова Л.А., Мироненко Н.В., Анисимова А.В., Коваленко Н.М., Баранова О.А., Новожилов К.В. Новые и потенциально опасные болезни зерновых культур в России // Наше сельское хозяйство. Агрономия. 2012. –Т.18. – №53. – С.15–20.

20. Суринов А. Е. Российский статистический ежегодник. М.: Росстат, 2015. – 725 с.

21. Артюхова С.И., Киргизова И.В. Биотехнология оздоровления сибирского картофеля от вирусов : моногр. / Минобрнауки России, ОмГТУ, Омск: Изд- во ОмГТУ, 2015, 136 с.

22. Киргизова И.В. Основные фитопатогенные вирусы картофеля, распространенные на территории Омска и Омской области // ОмГТУ. –[Электрон. ресурс]. – 2016. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-fitopatogennye-virusy-kartofelya-rasprostranennye-na-territorii-omska-i-omskoy-oblasti> (дата обращения: 06.10.2020).

23. Matou J. A broad variability of potato virus S (PVS) revealed by analysis of virus sequences amplified by reverse transcriptase – polymerase chain reaction //Canadian Journal of Plant Pathology. – 2000. – Vol. 22. – №. 1. – P. 29– 37.

24. Ruiz- Sáenz D. R., Ayala- Hernández D. D., Niino T. Salicylic Acid- Cryotherapy Treatment for Elimination of Potato Virus S from Solanum Tuberosum // Am. J. Potato Res. – 2019. – Vol. 96. – P. 225–234.

25. Karpova O., A. Alexandrova, E. Yeriskina, R. Kryldakov, D. Gritsenko, N. Galiakparov, B. Iskakov. Andean and Ordinary Strains of Potato Virus S Infecting Potatoes in Southern Kazakhstan //Plant Disease. – 2020. – Vol. 104. – №. 2. – P. 599– 602.

26. EFSA Panel on Plant Health (PLH) et al. Pest categorisation of potato virus S (non-EU isolates) // Efsa Journal. – 2020. – Vol. 18. – №. 1. – P. e05855.

27. ViralZone: ресурс знаний для понимания разнообразия вирусов. Carlavirus. – [Электрон. ресурс]. 2020. – [https://viralzone.expasy.org/268?outline=all\\_by\\_species](https://viralzone.expasy.org/268?outline=all_by_species) (дата обращения: 06.10.2020).

28. Song, G., Wu, J., Xie, Y., Yong Liu, Ya- Juan Qian, Xue- ping Zhou. Monoclonal antibody- based serological assays for detection of Potato virus S in potato plants. J. Zhejiang Univ. Sci.– 2017.– Т. 18.– P. 1075–1082

DOI: 10.1631/jzus.B1600561

29. Alinda, Alfred Onamu, Rose, R. David, T. Genevieve, M. John. Next generation sequencing platforms for potato virus hunting, surveillance and discovery //African Journal of Bacteriology Research. – 2020. – Vol. 12. – №. 1. – P. 1– 11.

30. EFSA Panel on Plant Health (PLH) et al. Pest categorisation of potato virus S (non-EU isolates) //Efsa Journal. – 2020. – Vol. 18. – №. 1. – P. e05855.

31. Khassanov V. T., Vologin S. G. Occurrence of the ordinary and the Andean strains of Potato virus S infecting potatoes in the Eastern region of Kazakhstan //Plant disease. – 2018. – Vol. 102. – №. 10. – P. 2052– 2060.

32. Jinghui Wang, Fanye Meng, Ruhao Chen, Jun Liu, Xianzhou Nie, Bihua Nie RT- PCR differentiation, molecular and pathological characterization of Andean and ordinary strains of Potato virus S in potatoes in China //Plant Disease. – 2016. – Vol. 100. – №. 8. – P. 1580– 1585.

33. Song G. Song, G., Wu, J. Y., Xie, Y., Liu, Y., Qian, Y. J., Zhou, X. P., & Wu, J. X. Monoclonal antibody- based serological assays for detection of Potato virus S in potato plants //Journal of Zhejiang University- SCIENCE B. – 2017. – Vol. 18. – №. 12. – P. 1075– 1082.

34. Garg, I. D., and Vinayak, H. V. 2000. Biological characterization, preservation and ultrastructural studies of Andean strain of potato virus S. Indian Phytopath. – 2000. – Vol.53. – P.256– 260.

35. Potato – virus – S. 2020 – [Электрон. ресурс]. <http://frenchseedpotato.com/index/potato-virus-s> (дата обращения: 06.10.2020).

36. Santillan FW, Fribourg CE, Adams IP, Gibbs AJ, Boonham N, Kehoe MA, Maina S, Jones RAC. The Biology and Phylogenetics of Potato virus S Isolates from the Andean Region of South America. Plant Dis. 2018. – Vol.102.– №5. – P. 869– 885.

DOI: 10.1094/PDIS- 09- 17- 1414- RE.

37. de Sousa Geraldino Duarte P, Galvino- Costa SB, de Paula Ribeiro SR, Figueira Ados R. Complete genome sequence of the first Andean strain of potato virus S from Brazil and evidence of recombination between PVS strains. Arch Virol. – 2012.– Vol. 57. – №7.– P.1357– 64. DOI: 10.1007/s00705- 012- 1289- 8.

38. Duan G., Zhan F., Du Z., Y.W. Ho. Europe was a hub for the global spread of potato virus S in the 19th century // *Virology*. – 2018. – Vol. 525. – P. 200–204.
39. Chikh Ali, M., Maoka, T., Natsuaki, K. T., and Natsuaki, T. The simultaneous differentiation of Potato virus Y strains including the newly described strain PVYNTN– NW by multiplex PCR assay. *J. Virol.* – 2010. – Vol. 165. – P.15–20.  
DOI: org/10.1016/j.jviromet.2009.12.010.
40. Dolby, C. A., and Jones, R. A. C. Occurrence of the Andean strain of Potato virus S in imported potato material and its effects on potato cultivars. *Plant Pathol.* 1987. – Vol.36. – P.381–388.  
DOI: org/10.1111/j.1365–3059.1987.tb02248.
41. Faccioli, G., and R. Zoffoli. Fast Eradication of Potato Virus X (PVX) and Potato Virus S (PVS) from Virus–Infected Potato Stem–Cuttings by Chemotherapy. *Phytopathologia Mediterranea*. 1998. – Vol. 37. – №. 1. – P.9–12.
42. Калашникова Е. А. Практикум по сельскохозяйственной биотехнологии / Е. А. Калашникова, Е. З. Кочиева, О. Ю. Миронова. – М.: Колос С, 2006. – 144 с.
43. ГОСТ 29267–91 Картофель семенной. Оздоровленный исходный материал. Приемка и методы анализа.
44. Патент № 2632938. Российская Федерация, МПК А01Н 4/00. Способ микрклонального размножения картофеля *in vitro* сорта картофеля «Ермак» / Артюхова С.И., Киргизова И.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет» (RU). – № 2016110920; заявлено 24.03.2016; опубл.11.10.2017. Бюл. № 29.

**И.В. Киргизова, С.Б. Чачина**

*Омбы мемлекеттік техникалық университеті, Омбы, Ресей*

### **PVS<sup>0</sup> картоп вирусы Сібір картоп сорттарының (*Solanum tuberosum* L) өсімдіктеріндегі биотикалық стресс факторы ретінде еритін пероксидаза ферменттері деңгейіне әсері**

**Аңдатпа.** Қазіргі уақытта картоптың отандық сорттарына фитопатогендік вирустық инфекциялар әсер етеді, бұл өнімділіктің 80%-ға дейін төмендеуіне әкеледі, сондықтан картоп өсімдіктерін биотикалық экологиялық факторлардан қорғау жүйесін зерттеу өте маңызды.

Жұмыстың мақсаты – Батыс Сібірде аз зерттелген және кең таралған инфекция болып табылатын PVS вирустық инфекциясының әсеріне жауап беретін антиоксидант пероксидаза ферментінің деңгейін зерттеу.

**Түйін сөздер:** картоп вирустары, реактивті оттегі түрлері, Потатовирус S (PVS), антиоксидантты ферменттер.

**I.V. Kirgizova, S.B. Chachina**

*Omsk State Technical University, Omsk, Russia*

### **Effect of the potato virus PVS<sup>0</sup> as a biotic stress factor in plants of Siberian potato varieties (*Solanum tuberosum* L) on the level of soluble peroxidase enzymes**

**Abstract.** Currently, domestic potato varieties are affected by phytopathogenic viral infections, which lead to a decrease in yield up to 80%, therefore. Therefore, it is relevant to study the system of protecting potato plants from biotic environmental factors.

The aim of the work is to study the levels of the antioxidant enzyme peroxidase in response to the effect of the viral infection PVS, which is the least studied and widespread infection in Western Siberia.

**Key words:** potato viruses, reactive oxygen species, Potatovirus S (PVS), antioxidant enzymes.

### **References**

1. Banerjee A., Roychoudhury A. Abiotic stress, generation of reactive oxygen species, and their consequences: an overview, Revisiting the role of reactive oxygen species (ROS) in plants: ROS Boon or bane for plants. 23-50 (2018).

2. Taheri P., Kakooee T. Reactive oxygen species accumulation and homeostasis are involved in plant immunity to an opportunistic fungal pathogen, *Journal of Plant Physiology*, 216, 152-163, (2017).
3. Camejo D., Guzman-Cedeno A., Moreno A. Reactive oxygen species, essential molecules, during plant-pathogen interactions, *Plant Physiology and Biochemistry*, 103, 10-23, (2016).
4. Ali M. et al. Reactive oxygen species (ROS) as defenses against a broad range of plant fungal infections and case study on ROS employed by crops against *Verticilliumdahliae* wilts, *Journal of plant interactions*.13, 353-363, (2018).
5. Kankam F., Lumei P., Huizhen Q. Effects of 3-methylthiopropionic acid (MTPA) phytotoxin produced by *Rhizoctoniasolani* on reactive oxygen species (ROS) metabolism of potato plants, *Advances in Agricultural Science*, 7, 11-23, (2019)
6. Kapoor D. et al. Antioxidant enzymes regulation in plants in reference to reactive oxygen species (ROS) and reactive nitrogen species (RNS), *Plant Gene*, 19, 100182, (2019).
7. Cramer G. R. Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective, *BMC plant biology*, 11, 163, (2011).
8. Yu Y., WeiweiZhou., XinLiang, KejinZhou, Xianyong Lin. Increased bound putrescine accumulation contributes to the maintenance of antioxidant enzymes and higher aluminum tolerance in wheat, *Environmental pollution*, 252, 941-949, (2019).
9. Baxter A., Mittler R., Suzuki N. ROS as key players in plant stress signaling, *Journal of experimental botany*, 65,1229-1240, (2013).
10. Mittler R. ROS signaling: the new wave?, *Trends in plant science*, 16, 300-309 (2011).
11. Shah, J. Zeier J. Long-distance communication and signal amplification in systemic acquired resistance, *Frontiers in Plant Science*. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3579191>. (Accessed: 02.10.2020).
12. Anisimov B.V. Virusnye bolezni i ih kontrol' v semenovodstve kartofelya [Viral diseases and their control in potato seed production], *Zashchita i karantin rastenij* [Plant protection and quarantine]. Available at: [cyberleninka.ru/article/n/virusnye-bolezni-i-ih-kontrol-v-semenovodstve-kartofelya](http://cyberleninka.ru/article/n/virusnye-bolezni-i-ih-kontrol-v-semenovodstve-kartofelya) (accessed:05.10.2020).
13. Visser J.C., Bellstedt D.U., Pirie M.D. The Recent Recombinant Evolution of a Major Crop Pathogen, *Potato virus Y*, *PLoS ONE*. 7, 11, 50631 (2012).
14. Al-Shahwan I. M., O. A. Abdalla, M. A. Al-Saleh M. A. Amer. Detection of new viruses in alfalfa, weeds and cultivated plants growing adjacent to alfalfa fields in Saudi Arabia, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24, 6, 1336-1343, (2017).
15. Donnelly R. Cunniffe NJ, Carr JP, Gilligan CA. Pathogenic modification of plants enhances long-distance dispersal of nonpersistently transmitted viruses to new hosts, *Ecology*, 100, 7, 02725, (2019).
16. Petrusheva M., Mitrev S., Arsov E. Healthcare of the imported potato samples in the republic of north Macedonia, *Journal of Agriculture and Plant Sciences*, 18, 45-55, (2020).
17. Makarova S.S., Makarov V.V., Talyansky M.E., Kalinina N.O. Ustojchivost' kartofelya k virusam: sovremennoe sostoyanie i perspektivy [Potato resistance to viruses: current state and prospects], *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii* [Vavilov Journal of Genetics and Breeding], 21, 62-73 (2017).
18. Rogozina E.V., Mironenko N.V., Afanasenko O.S., Matsuhito Yu. SHiroko rasprostranennye i potencial'no opasnye dlya rossijskogo agroproduktstva vzbuditeli virusnyh boleznej kartofelya [Widespread and potentially dangerous pathogens of viral potato diseases for Russian agricultural production], *Vestnik zashchity rastenij* [Bulletin of plant protection], 4, 90, 24-33(2016).
19. Afanasenko O.S., Mikhailova L.A., Mironenko N.V., Anisimova A.V., Kovalenko N.M., Baranova O.A., Novozhilov K.V. Novye i potencial'no opasnye bolezni zernovyh kul'tur v Rossii [New and potentially dangerous diseases of grain crops in Russia], *Nashe sel'skoe hozyajstvo. Agronomiya* [Our agriculture. Agronomy], 18, 53, 15-20 (2012).
20. Surinov AE. Rossijskij statisticheskij ezhegodnik [Russian statistical yearbook]. (Rosstat, Moscow, 2015, 725 p.).
21. Artyukhova S.I., Kirgizova I.V. Biotekhnologiya ozdorovleniya sibirskogo kartofelya ot virusov : monogr [Biotechnology of recovery of Siberian potatoes from viruses: monograph]. Ministry of Education and Science of Russia, OmSTU. (Publishing house of OmSTU, Omsk, 2015, 136 p.).
22. Kirgizova I.V. Osnovnye fitopatogennye virusy kartofelya, rasprostranennye na territorii Omska i Omskoj oblasti [The main phytopathogenic potato viruses widespread in Omsk and the Omsk region], OmSTU. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-fitopatogennye-virusy-kartofelya-rasprostranennye-na-territorii-omska-i-omskoj-oblasti> (Accessed: 06.10.2020).
23. Matou J. A broad variability of potato virus S (PVS) revealed by analysis of virus sequences amplified by reverse transcriptase-polymerase chain reaction, *Canadian Journal of Plant Pathology*. 22(1), 29-37(2000).

24. Ruiz– Sáenz D. R., Ayala– Hernández D. D., Niino T. Salicylic Acid– Cryotherapy Treatment for Elimination of Potato Virus S from *Solanum Tuberosum*, *Am. J. Potato Res.* 96, 225– 234(2019).
25. Karpova O., A. Alexandrova, E. Yeriskina, R. Kryldakov, D. Gritsenko, N. Galiakparov, B. Iskakov. Andean and Ordinary Strains of Potato Virus S Infecting Potatoes in Southern Kazakhstan, *Plant Disease*, 104(2), 599– 602(2020).
26. EFSA Panel on Plant Health (PLH) et al. Pest categorization of potato virus S (non– EU isolates), *Efsa Journal*, 18(1), e05855(2020).
27. ViralZone: A knowledge resource for understanding the diversity of viruses. Carlavirus. Available at: [https://viralzone.expasy.org/268?outline=all\\_by\\_species](https://viralzone.expasy.org/268?outline=all_by_species) (Accessed: 06.10.2020).
28. Song, G., Wu, J., Xie, Y., Yong Liu, Ya–juan Qian, Xue– ping Zhou. Monoclonal antibody– based serological assays for detection of Potato virus S in potato plants, *J. Zhejiang Univ. Sci.* 18, 1075– 1082(2017).
29. Alinda, Alfred Onamu, Rose, R. David, T. Genevieve, M. John. Next generation sequencing platforms for potato virus hunting, surveillance and discovery, *African Journal of Bacteriology Research*, 12(1), 1– 11(2020).
30. EFSA Panel on Plant Health (PLH) et al. Pest categorization of potato virus S (non– EU isolates), *Efsa Journal*, 18(1), e05855(2020).
31. Khassanov V. T., Vologin S. G. Occurrence of the ordinary and the Andean strains of Potato virus S infecting potatoes in the Eastern region of Kazakhstan, *Plant disease*, 102(10), 2052– 2060(2018).
32. Jinghui Wang, Fanye Meng, Ruhao Chen, Jun Liu, Xianzhou Nie, Bihua Nie RT– PCR differentiation, molecular and pathological characterization of Andean and ordinary strains of Potato virus S in potatoes in China, *Plant Disease*, 100(8), 1580–1585(2016).
33. Song G. Song, G., Wu, JY, Xie, Y., Liu, Y., Qian, YJ, Zhou, XP, & Wu, JX Monoclonal antibody– based serological assays for detection of Potato virus S in potato plants, *Journal of Zhejiang University– SCIENCE B.* 18(12), 1075– 1082(2017).
34. Garg, I. D., and Vinayak, H. V. 2000. Biological characterization, preservation and ultrastructural studies of Andean strain of potato virus S. *Indian Phytopath*, 53, 256– 260(2000).
35. Potato– virus– S. 2020. Available at: <http://frenchseedpotato.com/index/potato– virus– s> (accessed: 06/10/2020).
36. Santillan FW, Friberg CE, Adams IP, Gibbs AJ, Boonham N, Kehoe MA, Maina S, Jones RAC. The Biology and Phylogenetics of Potato virus S Isolates from the Andean Region of South America. *Plant Dis.* 102(5), 869– 885(2018).
37. de Sousa Geraldino Duarte P, Galvino– Costa SB, de Paula Ribeiro SR, FigueiraAdos R. Complete genome sequence of the first Andean strain of potato virus S from Brazil and evidence of recombination between PVS strains. *Arch Virol.* 57(7), 1357– 64(2012). DOI: 10.1007 / s00705– 012– 1289– 8.
38. Duan G., Zhan F., Du Z., Y.W. Ho. Europe was a hub for the global spread of potato virus S in the 19th century, *Virology*, 525, 200– 204(2018).
39. Chikh Ali, M., Maoka, T., Natsuaki, K. T., and Natsuaki, T. The simultaneous differentiation of Potato virus Y strains including the newly described strain PVYNTN– NW by multiplex PCR assay, *J. Virol*, 165, 15– 20(2010). DOI: org / 10.1016 / j.jviromet.2009.12.010.
40. Dolby, C. A., and Jones, R. A. C. Occurrence of the Andean strain of Potato virus S in imported potato material and its effects on potato cultivars. *PlantPathol*, 36, 381–388(1987). DOI: org / 10.1111 / j.1365– 3059.1987. tb02248.
41. Faccioli, G., and R. Zoffoli. Fast Eradication of Potato Virus X (PVX) and Potato Virus S (PVS) from Virus– Infected Potato Stem– Cuttings by Chemotherapy. *Phytopathologia Mediterranea*, 37(1), 9 –12(1998).
42. Kalashnikova E.A., Kochieva E.Z., Mironova O.Yu. Praktikum po sel'skohozyajstvennoj biotekhnologii [Workshop on agricultural biotechnology]. (Koloss, Moscow, 2006, 144 p.).
43. GOST 29267– 91 Kartofel' semennyj. Ozdorovlennyj iskhodnyj material. Priemka i metody analiza [GOST 29267–91 Seed potatoes. Revitalized source material. Acceptance and analysis methods].
44. Patent № 2632938. Rossijskaya Federaciya, MPK A01N 4/00. Sposob mikroklonal'nogo razmnozheniya kartofelya in vitro sorta kartofelya «Ermak» / Artyuhova S.I., Kirgizova I.V.; zayavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Omskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet» (RU). – № 2016110920; zayavleno 24.03.2016; opubl.11.10.2017. Byul. № 29. [Patent No. 2632938 Russian Federation, IPC A01H 4/00. Method of microclonal propagation of potatoes in vitro potato variety «Ermak» / SI Artyukhova, IV Kirgizova; applicant and patentee Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Omsk State Technical University” (RU). No. 2016110920; announced 03.24.2016; published on 11.10.2017. Bul. No. 29].

**Сведения об авторах:**

**Киргизова И.В.** – автор для корреспонденции, аспирантка 4 года обучения, Омский государственный технический университет, Омск, Россия.

**Чачина С.Б.** – к.б.н., доцент, доцент кафедры «Биотехнология, технология общественного питания и товароведение», Омский государственный технический университет, Омск, Россия.

**Kirgizova I.V.** – **corresponding author**, the 4th year postgraduate student, Omsk State Technical University, Omsk, Russia.

**Chachina S.B.** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biotechnology, Public Catering Technology and Commodity Science, Omsk State Technical University, Omsk, Russia.