

УДК 578.85/.86+635.21

ШИРОКО РАСПРОСТРАНЕННЫЕ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫЕ ДЛЯ РОССИЙСКОГО АГРОПРОИЗВОДСТВА ВОЗБУДИТЕЛИ ВИРУСНЫХ БОЛЕЗНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Е.В. Рогозина¹, Н.В. Мироненко², О.С. Афанасенко², Ю. Мацухито³

¹ *Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И.Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург;*

² *Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург;*

³ *NARO Agricultural Research Center, Tsukuba, Ibaraki, Japan*

Картофель относится к культурам, сильно поражаемым вирусными болезнями. Из известных 400 фитовирусов [Adams, Antoniów, 2006] картофель поражают 52, в том числе 36 – широко распространенные, а остальные встречаются только на территории стран Южной Америки [Jones, 2014]. Количество известных вирусов картофеля заметно возросло по сравнению с прошлым столетием, когда около 25 [Hooker, 1982], а затем 37 [Jeffries, 1998] вирусов относили к

возбудителям заболеваний картофеля. Наиболее изучены 35 вирусов, поражающих картофель в естественных условиях. По классификации Международного Комитета по Таксономии Вирусов (International Committee on Taxonomy of Viruses, ICTV), это представители 13 семейств в составе трех из шести основных групп, организованных в соответствии со строением генома и типом нуклеиновой кислоты вируса: с однонитевой РНК, плюс или минус полярности, или кольцевой ДНК. В XXI веке количество и распространение возбудителей вирусных болезней картофеля существенно увеличились за счет расширения круга хозяев у вирусов, ранее идентифицированных как возбудители болезней овощных, древесных и декоративных культур (род *Tospovirus*, *Begomovirus*), и обнаружения новых вирусов или их более опасных штаммов (род *Carlavirus*, *Potyvirus*). Изменение климата, расширение площадей возделывания картофеля, активное расселение переносчиков вирусов, в особенности «супер-векторов» – *B. tabaci* и *F. occidentalis*, являются основными причинами увеличения числа вирусов, поражающих картофель, и изменений в географии их распространения. Активизация торговых взаимоотношений и поставки зарубежной сельскохозяйственной продукции приводят к появлению в защищенном грунте северных стран (Россия, Финляндия) вирусов, типичных для тропической и субтропической зоны. Понимание глобальной ситуации, мониторинг распространения переносчиков вирусных болезней и фитосанитарный контроль необходимы для оптимизации всех звеньев интегрированной защиты, что позволит обеспечить в России устойчивое производство качественного урожая картофеля.

Ключевые слова: картофель, вирусы, распространение, вредоносность.

Картофель относится к числу культур, сильно поражаемых вирусными болезнями, что было замечено сразу после его интродукции в Европу в 16 веке [Лебенштейн и др., 2000]. В настоящее время описано около 400 фитопатогенных вирусов [Adams, Antoniw, 2006], из которых 52 поражают картофель, в том числе 36 встречаются в разных регионах, а 16 – только на территории Южной Америки [Jones, 2014]. Количество известных вирусов картофеля заметно возросло по сравнению с прошлым столетием, когда около 25 [Hooker, 1982], а затем 37 [Jeffries, 1998] вирусов относили к возбудителям заболеваний картофеля.

Наиболее хорошо изучены 35 вирусов, инфицирующих картофель в естественных условиях (таблица). В большинстве регионов мира, производящих картофель, встречаются 16 вирусов, из них в Российской Федерации наиболее вредоносны пять: вирус скручивания листьев

картофеля, ВСЛК (potato leaf roll virus, PLRV); Y вирус картофеля, YBK (Potato virus Y, PVY); X вирус картофеля, ХБК (Potato virus X, PVX); S вирус картофеля, SBK (Potato virus S, PVS); M вирус картофеля, MBK (Potato virus M, PVM). Еще пять вирусов имеют меньшее значение по широте распространения в России и степени вредоносности: A вирус картофеля, АВК (Potato virus A, PVA); вирус аукуба мозаики картофеля, ВАМК (Potato aucuba mosaic virus, PAMV); вирус метельчатости верхушки картофеля, ВМБК (Potato mop top virus, PMTV); вирус погремковости табака, «раттл вирус», ВПТ (Tobacco rattle virus, TRV); вирус черной кольцевой пятнистости томатов, ВЧКПТ (Tomato black ring virus, TBRV). Остальные 19 вирусов отмечены на территории разных континентов, из них 10 вирусов включены в перечень карантинных объектов Российской Федерации (таблица).

Классификация и группы вирусов, поражающих картофель

На сайте Международного Комитета по Таксономии Вирусов – International Committee on Taxonomy of Viruses, ICTV (<http://www.ictvonline.org/virustaxonomy.asp>) представлена классификация более 3100 видов вирусов, поражающих прокариоты, грибы, водоросли, растения, беспозвоночных и позвоночных животных. В биологической систематике вирусы выделяют в отдельный таксон, образующий в классификации Systema Naturae 2000 вместе с доменами *Bacteria*, *Archaea* и *Eukaryota* корневой таксон *Biota* [Brands, <http://taxonomicon.taxonomy.nl/TaxonTree.aspx>]. Главной задачей классификации является описание разнообразия и группировка вирусов на основании общих свойств. В соответствии со строением генома и типом нуклеиновой кислоты выделяют шесть основных групп ви-

русов. Большинство поражающих картофель вирусов имеют геном, представленный однонитевой (ss) РНК, плюс полярности, это семейства: *Secoviridae*, *Alphaflexiviridae*, *Betaflexiviridae*, *Tymoviridae*, *Bromoviridae*, *Closteroviridae*, *Potyviridae*, *Luteoviridae*, *Tombusviridae*, *Virgaviridae*. К группе вирусов, имеющих геном – однонитевую РНК, минус полярности, относятся семейства *Rhabdoviridae* и *Bunyaviridae*. Вирусы из семейства *Geminiviridae* имеют геном – кольцевую ДНК (ssDNA).

Для выяснения генетического родства вирусов на уровне семейства и низших таксонов учитывают комбинацию признаков: морфологию вирионов, особенности генома, инфицируемый организм и способ трансмиссии, серологические свойства.

Основные характеристики вирусов, поражающих картофель

Вирусы семейства *Rhabdoviridae* вызывают инфекционные заболевания у позвоночных, беспозвоночных и растений. Вирионы фитовирусов (род *Nucleorhabdovirus*) имеют дополнительную белковую оболочку и бациллоподобную форму. В США и Канаде сорта картофеля различаются по степени восприимчивости в полевых условиях к рабдовирусу желтой карликовости картофеля – типовому представителю рода. Родственный вирус крапчатой карликовости баклажана имеет широкий круг хозяев: полевые овощные культуры, в том числе из семейства *Solanaceae* (баклажан, томат, картофель, перец, табак), а также деко-

ративные и сорные растения. Поражение картофеля ВККБ впервые отмечено в Иране в 1989 г., затем в Словении (2006 г.) и в разных областях Италии (2013 г.). На клубнях инфицированного сорта Vivaldi обнаружено некротическое поражение в области сосудистого кольца и прилегающих участков [Miglino et al., 2013].

В составе обширного семейства фитовирусов *Secoviridae*, подсемейство *Comovirinae* объединяет три рода и 56 видов. Все вирусы имеют изосферическую форму. Андийский комовирус крапчатости картофеля и неповирусы черной кольцевой пятнистости картофеля и

Таблица. Вирусы, заражающие картофель в естественных условиях
(http://www.ictvonline.org/virustaxonomy.asp; http://www.dpvweb.net/)

Название вируса (сокращенное обозначение)	Систематика		Год описания	Географическое распространение	Векторы
	Семейство	Род			
Рабдовирус желтой карликовости картофеля (ВЖКК) Potato yellow dwarf nucleorhabdovirus (PYDV) ¹	Rhabdoviridae	Nucleorhabdovirus	1922	Канада, США	клеверные цикадки (<i>Aceratagallia sanguinolenta</i>)
Вирус крапчатой карликовости баклажана (ВККБ) Eggplant mottled dwarf virus (EMDV)	“	“	1969	Европа, северная Африка, Азия	цикадки (подсемейства <i>Agalliinae</i>)
Андийский комовирус крапчатости картофеля (АКБК) Andean potato mottle virus (APMoV) ¹	Secoviridae (Comovirinae)	Comovirus	1975	Северная и Южная Америка	контактным путем
Неповирус черной кольцевой пятнистости картофеля (ВЧКПК) Potato black ringspot nepovirus (PBRSV) ¹	“	Nepovirus	1977	“	нематоды (<i>Longidorus</i> sp.)
Вирус черной кольцевой пятнистости томата (ВЧКПТ) Tomato black ring virus (TBRV) ¹	“	“	1946	Европа	нематоды (<i>Longidorus</i> sp.), семенами и пыльцой
U-вирус картофеля (UBK) Potato virus U (PVU)	“	“	1983	Перу	“
Вирус аукуба мозаики картофеля (FBK) Potato aucuba mosaic virus (PAMV)	Alphaflexiviridae	Potexvirus	1921	Повсеместно	контактно и тлями (<i>Myzus persicae</i>)
X-вирус картофеля (ХБК) Potato virus X (PVX)	“	“	1931	”	контактно, возможно семенами
M-вирус картофеля (МК) Potato virus M (PVM)	Betaflexiviridae	Carlavirus	1923	“	тлями (<i>M. persicae</i> , <i>Aphis frangulae</i> , <i>A. nasturtii</i>) и контактно
S-вирус картофеля (СБК) Potato virus S (PVS)	“	“	1952	“	контактно и тлями (<i>M. persicae</i>)
Potato virus H (PVH)	“	“	2013	Китай	предположительно контактно
Латентный вирус картофеля (ЛБК) Potato latent virus (PotLV)	“	“	2002	Сев. Америка	контактно и тлями
P-вирус картофеля (ПК) Potato virus P (PVP) синоним Вирус резкой карликовости картофеля (ПКК) Potato rough dwarf virus (PRDV)	“	“	1993–1996	Бразилия, Аргентина	неизвестны
Теповирус Т картофеля (ТБК) Potato virus T (PVT) ¹	“	Terovirus	1977	Сев. и Юж. Америка	пыльцой и ботаническими семенами
Андийский латентный тимовирус картофеля (АЛБК) Andean potato latent virus (APLV) ¹	Tymoviridae	Tymovirus	1966	“	блошки волосатые (<i>Epitrix</i> sp.), контактно, семенами.
Вирус мозаики люцерны (ВМЛ) Alfalfa mosaic virus (AMV)	Bromoviridae	Alfamovirus	1931	Повсеместно	<i>M. persicae</i> и еще 14 видов тли
Альфомовирус пожелтения картофеля (ВЖК) Potato yellowing alfamovirus (PYV) ¹	“	“	1992	Южная Америка	<i>M. persicae</i> , семенами.
Вирус огуречной мозаики (ВОМ) Cucumber mosaic virus (CMV)	“	Cucumovirus	1934	Повсеместно	<i>M. persicae</i> , <i>Aphis gossypii</i> и еще 80 видов тли
Вирус стрика табака (ВСТ) Tobacco streak ilarvirus (TSV)	“	Ilarvirus	1936	”	через пыльцу западный цветочный трипс (<i>Frankliniella occidentalis</i>) и табачный трипс (<i>Thrips tabaci</i>)
Вирус бронзовости томата (ВПБТ) Tomato spotted wilt virus (TSWV) ¹	Bunyaviridae	Tospovirus	1919	“	<i>T. tabaci</i> , <i>T. setosus</i> , <i>T. parvi</i> , <i>F. schultzei</i> , <i>F. occidentalis</i> и др.
Вирус некротической пятнистости бальзамина <i>Impatiens</i> necrotic spot virus (INSV) ¹	“	“	1990	“	неизвестны
Кринивирус пожелтения жилок картофеля Potato yellow vein crinivirus (PYVV) ¹	Closteroviridae	Crinivirus	1943	Юж. Америка	тепличная белокрылка (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)
Вирус курчавости верхушки свеклы (ВКВС) Beet curly top virus (BCTV)	Geminiviridae	Curtovirus	1909	Европа, Сев. и Юж. Америка, Азия	цикадки (<i>Circulifer tenellus</i> , <i>C. tenellus</i> , <i>C. opacipennis</i>)
Вирус свертывания верхушечных листьев томата Tomato leaf curl New Delhi virus (ToLCNDV)	“	Begomovirus	1983	Африка, Азия	белокрылка (<i>Bemisia tabaci</i>)

Вирус деформирующей мозаики картофеля (ВДМК) Potato deforming mosaic virus (PDMV) = Tomato yellow vein streak virus (ToYVSV)	“	“	1985	Юж. Америка	“
Вирус желтой мозаики картофеля (ВЖМК) Potato yellow mosaic virus (PYMV) = Tomato yellow mosaic virus (ToYMV)	“	“	1986	Юж. и Цен. Америка	“
Вирус скручивания листьев картофеля (БСЛК) Potato leafroll virus (PLRV)	Luteoviridae	Polerovirus	1916	Повсеместно	<i>M. persicae</i>
А вирус картофеля (АВК) Potato virus A (PVA)	Potyviridae	Potyvirus	1932	“	<i>A. frangulae</i> , <i>A. nasturtii</i> , <i>M. persicae</i> , <i>M. persicae</i> , <i>Brachycaudus helichrysi</i> , <i>Macrosiphum euphorbiae</i> , <i>Rhopalosiphoninus latsysiphon</i>
V-вирус картофеля (VBK) Potato virus V (PVV)	“	“	1971	Европа, Юж. Америка	<i>M. persicae</i> <i>A. nasturtii</i> , <i>M. euphorbiae</i>
Y-вирус картофеля (YBK) Potato virus Y (PVY)	“	“	1931	Повсеместно	гриб <i>Olpidium brassicae</i>
Вирус некроза табака (ВНТ) Tobacco necrosis virus A (TNV)	Tombusviridae	Necrovirus	1935	”	гриб <i>Spongospora subterranea</i>
Вирус метельчатости верхушки картофеля (БМК) Potato mop-top virus (PMTV)	Virgaviridae	Pomovirus	1966	Европа, Сев. и Юж. Америка, Азия	контактно
Вирус мозаики томата (ВМТ) Tomato mosaic virus (ToMV)	“	Tobamovirus	1909	Повсеместно	“
Вирус табачной мозаики (ВТМ) Tobacco mosaic virus (TMV)	“	“	1886	“	“
Вирус погрелковости табака (ВПТ) Tobacco rattle virus (TRV)	“	Tobravirus	1931	“	нематоды (<i>Paratrichodorus</i> spp., <i>Trichodorus</i> spp.).

¹ выделены вирусы, включенные в список карантинных объектов, отсутствующих или ограниченно распространенных на территории Российской Федерации.

черной кольцевой пятнистости томата входят в перечень карантинных объектов РФ. TBRV имеет три типа вирионов – частицы Т, М, В, разного размера. У TBRV идентифицированы разные штаммы в соответствии с видами растений-хозяев, в том числе штаммы «псевдо-аукубы» и «букетной болезни» картофеля, которые относятся к разным серологическим группам. Вирус на картофеле выявляется редко [Jones, 2014], отмечены единичные случаи в Германии, Великобритании и Польше [Jeffries, 1998]. Еще один представитель рода – U-вирус картофеля обнаружен на картофеле в Перу [Jones et al., 1983]. Родственный ему *Cherry leaf roll virus* (CLRV) найден в растениях дикого картофеля *Solanum acaule*, выращенных из семян, импортированных из Перу в США [Crosslin et al., 2010].

Семейство *Alphaflexiviridae* объединяет вирусы, имеющие нитевидную форму и паразитирующие на грибах и растениях. Род *Potexvirus* объединяет 37 видов, среди которых вирус аукуба мозаики картофеля (PAMV) и ХВК. В структуре покровного белка PAMV и *Potyvirus* найден общий DAG мотив, который обеспечивает векторный перенос PAMV с помощью тли (*Myzus persicae*) при смешанной инфекции с PVA или PVY [Baulcombe et al., 1993]. Вирус аукуба мозаики ранее встречался повсеместно на определенных сортах картофеля (например, Majestic), но в последние годы (после сортообмена) в европейских странах обнаруживается редко, является экономически значимым для картофелеводства Индии, вызывая снижение урожая на 20–40% [Kumar et al., 2014]. Симптомы поражения зависят от штамма вируса и сорта картофеля, проявляются в виде ярко-желтых пятен на нижних листьях, либо некротических пятен с последующим системным некрозом. Во время хранения на клубнях могут появляться некрозы: на

поверхности или в мякоти в виде неправильной формы коричневых пятен или углубленных сухих участков.

ХВК распространен повсеместно, вызывает мозаичное поражение листьев или поражает картофель в латентной форме. Смешанная инфекция с другими вирусами может приводить к серьезным заболеваниям растений. Симптомы поражения ХВК отчетливо проявляются в диапазоне температур от 10–12° до 28°С. Штаммы ХВК различают по симптомам на одном из диагностических хозяев – *Nicotiana tabacum*, по реакции с моно- и поликлональными антителами или способности поражать сорта с разными генами устойчивости. Две основные серологические группы штаммов: PVX^A и PVX^O определяют методами ELISA с помощью моноклональных антител или гибридизации нуклеиновых кислот. Изоляты группы PVX^O распространены повсеместно, а относящиеся к PVX^A типу встречаются только в Южной Америке. К этой группе относится штамм HB, способный поражать сорта с R-генами [Querci et al., 1995]. Однако в Аргентине найден штамм PVX MS, также способный преодолевать защитный эффект R-генов, но относящийся к серологической группе PVX^O [Tozzini et al., 1994].

В семействе *Betaflexiviridae*, объединяющем также вирусы с нитевидной формой частиц, один из наиболее представительных родов – *Carlavirus* включает 52 вида. В составе рода пять видов, поражающих картофель: MBK, SBK, PVH, LBK и RBK, синоним которого – вирус резкой карликовости картофеля.

MBK повсеместно встречается в посадках картофеля. Симптоматика поражения зависит от сортовых особенностей и изолята, варьирует от слабой мозаики до сильного закручивания верхних листьев и остановки роста

растений. В соответствии с нуклеотидной последовательностью гена, кодирующего белок оболочки вируса, 11 изолятов вируса распределяются на две группы, одна из которых включает PVM изоляты из Италии, Германии, Китая, Польши и России, а вторая – изоляты из США и Канады [Xu et al., 2010].

SBK также встречается во всех регионах, где выращивают картофель. Имеет узкий круг хозяев – в основном представителей двух семейств: *Solanaceae* и *Chenopodiaceae*. У большинства инфицированных сортов картофеля симптомы вирусного поражения не проявляются. Андийский штамм PVS^A, в отличие от широко распространенного PVS^o, вызывает более серьезное поражение, приводящее к преждевременному отмиранию листьев, и эффективнее переносится тлями. Новый изолят SBK, поражающий культурный картофель вида *S. phureja*, недавно обнаружен в Колумбии [Gutiérrez et al., 2013]. Полагают, что изоляты SBK образуются в результате рекомбинации между PVS^A и PVS^o [de Sousa et al., 2012].

Новый вирус – представитель рода *Carlavirus*, названный *Potato virus H*, обнаружен в 2012 году на картофеле в автономном районе Внутренней Монголии КНР [Li et al., 2013]. Вирус вызывает системное поражение у растений *Nicotiana glutinosa*, *Solanum lycopersicum* и не поражает растения рода *Chenopodium*. На инфицированном картофеле сорта Shepody отмечено легкое закручивание листьев. Электронная микроскопия подтвердила типичную для рода *Carlavirus* нитевидную, слегка изогнутую форму вирионов, средняя длина которых 570 нм. Геном PVH имеет наибольшее сходство (54%) с геномом другого вируса рода *Carlavirus* – PotLV. PVH серологически отличается от PVM, PVS, PotLV, способен поражать картофель в смешанной инфекции с PVS, PVX, PVY, PVM и PLRV [Li et al., 2013].

Латентный вирус картофеля впервые был обнаружен в микрорастениях сорта Red La Soda, импортированных из США в Шотландию [Bratney et al., 2002]. Вирион нитевидной, слегка изогнутой формы, длиной 530–670 нм. В ПЦР с праймерами, специфичными для вирусов рода *Carlavirus*, данный вирус дает продукт амплификации размером 857 п.н. Нуклеотидная последовательность гена белка оболочки PotLV имеет примерно 67% подобия с другими вирусами рода *Carlavirus*. Наибольшее сходство выявлено между PotLV и изолятом PVS^A. Но серологического сходства PotLV с другими вирусами рода *Carlavirus* не имеет. Выявлены отличия в биологическом тесте: PotLV поражает растения рода *Nicotiana* (*N. bigelovii*, *N. glutinosa*, *N. rustica*, *N. tabacum*) и *Physalis floridana*.

Обнаруженные в Аргентине и Уругвае PVK, а в Бразилии ВРКК, являются разными изолятами одного вируса, принадлежащего к роду *Carlavirus* [Nisbet et al., 2006]. Сорта картофеля могут быть инфицированы в латентной форме или реагировать задержкой роста и появлением шероховатости или утолщений на старых листьях.

В семействе *Betaflexiviridae* существует род *Teovirus*, единственным представителем которого является Теповирус Т картофеля, вирус редкий даже в странах Южной Америки. Андийский латентный тимовирус картофеля, который относится к роду *Tymovirus* в семействе *Tymoviridae*, широко распространен в странах Центральной и Южной Америки: Боливии, Колумбии, Эквадоре и

Перу. Несмотря на название, вирусная инфекция вызывает на картофеле заметное поражение, симптомы которого зависят от изолята, сорта картофеля и климатических условий (более выражены при пониженных температурах выращивания). На пораженных растениях появляется слабая или явно выраженная мозаика, скручивание и некроз кончиков листьев. Более серьезные повреждения растений наблюдаются при смешанной вирусной инфекции [Jones, Gribourg, 1977].

В семействе *Bromoviridae* вирусы, поражающие картофель, представлены в составе трех родов: *Alfavirus*, *Ilarvirus* и *Cucumovirus*. Род *Alfavirus* объединяет вирусы, имеющие сегментированный (из 3-х частей) геном. В составе рода – ВМЛ, который встречается на картофеле не часто, но отмечен во многих регионах. У пораженных сортов возможно появление некрозов в мякоти клубня. В очищенном препарате вируса обнаружены шесть типов частиц: три бациллоподобных (Тb, М, В), разного размера, и три сферических (Та, То, Тz), которые по отдельности или вместе не являются инфекционными. Поражение растений вызывает смесь компонентов, число и соотношение которых зависят от штамма вируса и условий среды (<http://www.dpvweb.net/dpv/showdpv.php?dpvno=229>). Родственный РYV обнаружен сравнительно недавно в Чили и Перу на культурном картофеле и диких видах *Solanum* [Fuentes, Jayasinghe, 1992]. Вызывает пожелтение листьев или инфицирует картофель бессимптомно.

Вирус огуречной мозаики – один из наиболее распространенных фитовирусов, имеет самый большой круг хозяев: более 1200 видов, представители свыше 100 семейств двудольных и однодольных растений. Поражает растения в странах умеренной и тропической зоны, чаще обнаруживается на картофеле в странах с теплым климатом: Египет, Индия, Саудовская Аравия, Центральная Калифорния и Япония. Сорта картофеля, устойчивые к системной инфекции ВОМ при температуре выращивания 24 °С, становятся восприимчивыми при 30 °С [Celebi-Toprak et al., 2003]. Обнаружена географическая локализованность штаммов вируса (<http://www.dpvweb.net/dpv/showdpv.php?dpvno=400>). Очищенный препарат вируса содержит изометрические частицы не менее трех типов, сходной морфологии, но с разным количеством РНК.

Вирус стрика табака также распространен повсеместно, поражает виды более 30 семейств однодольных и двудольных растений, обнаружен на картофеле в Бразилии и Перу. Известно множество штаммов вируса. Вирионы представлены тремя типами изометрических частиц, соотношение которых меняется в зависимости от хозяина и вирусного штамма.

В семействе *Bunyaviridae* объединены вирусы, геном которых – однополовая РНК, минус полярности, а вирусные частицы имеют дополнительную липидосодержащую оболочку с шипами. Вирусы этого семейства обнаружены у членистоногих, грызунов, некоторые иногда заражают людей. Фитовирусы семейства *Bunyaviridae* сгруппированы в род *Tospovirus*, представители которого поражают многие продовольственные и декоративные культуры, а в последнее время обнаружены на картофеле. Вирус бронзовости томата найден на картофеле в США, Австралии и странах Европы, в основном в тропической или субтропической зоне. В странах с умеренным климатом ВПВТ

поражает растения в условиях защищенного грунта. У инфицированных растений на листьях появляются некротические пятна разной величины и концентрический рисунок, напоминающий поражение альтернариозом [Crosslin et al., 2009]. Иногда наблюдаются кольца и полукольца, отставание в росте и отмирание терминальных участков листа. Стебли или все растение преждевременно отмирают. Растения из инфицированных клубней обычно отстают в росте, имеют розетковидную форму. В клубнях появляются черные некротические пятна или кольца, иногда видимые через кожуру или наблюдаемые только в мякоти [Abad et al., 2005]. Вирусные частицы имеют сферическую форму и трехчастный геном, в котором один сегмент минус-полярности, а два других – двусмысловая РНК.

Родственный – вирус некротической пятнистости бальзамина обнаружен в США в теплицах на разных сортах картофеля [Perry et al., 2005; Crosslin, Hamlin, 2010]. Симптомы на растениях напоминают поражение ВПБТ или альтернариозом. Тесты ELISA и ПЦР со специфическими к INSV антителами и праймерами дали положительный результат. Секвенированная последовательность ампликона размером 906 п.н. имела не менее 99.7% подобия с известными депонированными последовательностями INSV. Вирус не передавался через клубни, и выращенные из них на следующий год растения не были инфицированы.

В нескольких провинциях Ирана в 2004–2006 гг. при обследовании полевых посадок картофеля методами ELISA и ОТ-ПЦР диагностированы вирусы рода *Tospovirus*: *Tomato yellow fruit ring virus* (TYFRV), TSWV и INSV у 24%, 4.1% и 0.4% листовых проб соответственно [Pourrahim et al., 2012]. С 1990-х годов в Индии родственный *Groundnut bud necrosis virus* (GBNV) вызывает серьезный некроз стеблей картофеля. Иногда симптомы напоминают поражение фитофторозом, потери урожая составляют от 29% до 90% [Jain et al., 2004; Ansar et al., 2015].

В странах Южной Америки (Колумбия, Эквадор и Перу) значительный ущерб (до 50% урожая) причиняет кринивирус пожелтения жилок картофеля, представитель рода *Crinivirus*, семейства *Closteroviridae* [Salazar et al., 2000]. Распространение тепличной белокрылки – переносчика вирусов рода *Crinivirus* отмечено повсеместно, и поражение виروزами приводит к ежегодным потерям в мировом агропроизводстве, величина которых оценивается в миллионы долларов. Многие *Crinivirus* способны взаимодействовать с другими неродственными вирусами и влиять на симптоматику поражения растений [Tzanetakis et al., 2013]. В Колумбии в посадках культурного картофеля *S. phureja* и *S. andigenum* обнаружена смешанная инфекция PVV и PVY (N-штамм) у 21% и 23% образцов соответственно [Villamil-Garzón et al., 2014].

Вирусы семейства *Geminiviridae* имеют широкий круг хозяев и вирионы, представленные одиночными или двояными изометрическими частицами. Вирус курчавости верхушки свеклы поражает картофель во многих странах мира, в основном в засушливых регионах. Симптомы поражения – угнетение роста, пожелтение и скручивание листьев, иногда изгибание черешков, появление карликовых побегов в верхней части растений. Штаммы вируса различаются по вирулентности, симптомам и хозяевам (<http://www.dpvweb.net/dpv/showdpv.php?dpvno=210>).

Вирусы, сгруппированные в род *Begomovirus*, являются возбудителями болезней у значительного числа овощных и технических культур, в нескольких регионах поражают картофель. Вирус свертывания верхушечных листьев томата диагностирован на картофеле в Индии. Растения отставали в росте, имели верхние закрученные и гофрированные листья с заметной мозаикой [Usharani et al., 2003]. Установлено, что в Бразилии болезнь деформирующей мозаики картофеля, впервые отмеченную более 20 лет назад, и болезнь пожелтения жилок томата, вызывает один вирус – *Potato deforming mosaic virus*, или *Tomato yellow vein streak virus*. В настоящее время вирус распространен на обеих культурах в штате Сан-Пауло [Ribeiro et al., 2005]. Болезни мозаичного пожелтения картофеля и томата в Венесуэле и Панаме вызывает также один вирус – *Potato yellow mosaic virus*, или *Tomato yellow mosaic virus* [Morales et al., 2001].

Подобно ВКВС, циркулирует во флоэме растений вирус скручивания листьев картофеля, относящийся к роду *Polerovirus* семейства *Luteoviridae*. Этот вирус является одним из наиболее вредоносных и причиняет серьезный экономический ущерб картофелеводству в регионах с теплым климатом, вызывает не только значительное (иногда до 90%) снижение урожая, но и ухудшает качество клубней. Как при первичном заражении, так и у вторично инфицированных клубней в сосудистой системе появляется сетчатый некроз. Штаммы ВСКК различаются по симптомам поражения картофеля или растений-индикаторов, а также в зависимости от их трансмиссии персиковой тлей, серологических отличий между штаммами не выявлено.

Семейство *Potyviridae* является одним из наиболее многочисленных и объединяет более 30% известных фитовирусов. В составе семейства 190 видов, сгруппированных в 8 родов, из которых самый представительный – *Potyvirus*. Повсеместное распространение и наиболее ощутимый ущерб картофелеводству причиняет YBK, который имеет широкий круг хозяев, поражает растения 9 семейств, в том числе представителей 9 родов *Solanacea*. Симптомы поражения на картофеле варьируют в зависимости от сорта, штамма вируса и условий выращивания. Различают три группы штаммов: обыкновенный PVY^o распространенный во всех странах, некротический PVY^N – поражает картофель в Европе, странах Африки и Южной Америки и PVY^C – штамм, обнаруженный в Европе, Австралии и Индии. Некротический штамм подразделяют на группы PVY^N, PVY^{NTN} и PVY^{N-wi}. Изоляты группы PVY^{NTN} вызывают появление некрозов в мякоти клубней. Изоляты группы PVY^{N-wi} серологически сходны с изолятами обыкновенного штамма PVY^o. Полагают, что их геном – результат рекомбинации между изолятами некротического и обыкновенного штаммов, которая произошла сравнительно недавно в результате специализации патогена к паразитированию на определенных сортах картофеля [Visser et al., 2012].

АВК (PVA) – другой представитель рода *Potyvirus*, обычно обнаруживают на картофеле при смешанной инфекции с PVY. PVA распространен повсеместно, но поражает определенные сорта картофеля [Jones, 2014]. ВК (PVV) обнаружен на картофеле во Франции, Ирландии, Нидерландах, Великобритании и Перу. Европейские изоляты PVV генетически мало различимы и принадлежат к

одному штамму [Oguetxebarria et al., 2000]. В Колумбии на культурном картофеле *S. phureja* выделен изолят PVV, который имеет большие генетические различия с остальными известными изолятами вируса [Gutierrez et al., 2016].

Единственный представитель рода *Necrovirus* в составе семейства *Tombusviridae* – вирус некроза табака на картофеле вызывает поражение клубней: появление темно-коричневых пятен, впамях повреждений, иногда в виде колец или подков, или светло-коричневых трещин. На листьях симптомы не образуются. Вирус поражает картофель, выращиваемый при орошении или в защищенном грунте. Наиболее благоприятны для развития инфекции пониженная температура (10–20 °C) и высокая влажность почвы.

В семействе *Virgaviridae* представлены фитовирусы, имеющие палочковидную форму. Они сгруппированы в 6 родов, в том числе *Potomovirus*, *Tobamovirus*, *Tobravirus*, в составе которых – виды, поражающие картофель. *Potomovirus* имеют трубчатые палочковидные частицы и сегментированный (из 3-х частей) геном. ВМБК вызывает повреждения мякоти клубней картофеля в виде коричневых крапинок, пятен, колец и полуколец. Вирус встречается в Северной Европе, странах Балтии [Santala et al., 2010], а также в Азии, Северной и Южной Америке, главным образом в местностях с прохладным (около 15 °C) и влажным климатом. Проявление симптомов вирусной инфекции зависит от условий выращивания: при повышенной температуре (более 20 °C) на листьях инфицированных растений характерные ярко желтые пятна не наблюдаются, а появляются некрозы. Разные штаммы ВМБК раз-

личаются вирулентностью и симптомами поражения на растениях-индикаторах, но серологически довольно сходны. ВМБК выявлен в России, на территории Татарстана в частных посадках картофеля [Замалиева, 2013].

Среди *Tobamovirus* – два вида способных поражать картофель: вирус мозаики томата и вирус табачной мозаики. Оба – наиболее детально исследованные среди фитовирусов, встречаются повсеместно, картофель поражают редко.

Представитель рода *Tobravirus* – ВПТ встречается повсеместно, в том числе в российских регионах. Вирус вызывает появление в мякоти клубней некротических пятен, колец и полуколец, похожих на поражения при инфицировании ВМБК. Степень проявления симптомов зависит от сортовых особенностей и штамма вируса. Клубни многих европейских сортов могут быть бессимптомными носителями ВПТ и/или ВМБК [Santala et al., 2010]. ВПТ обнаружен в Татарстане, как и ВМБК в частных посадках картофеля. Наиболее чувствительным оказался сорт Невский [Замалиева, 2013]. В Московской области найдены три вида нематод – переносчиков ВПТ, и полевые обследования выявили 5–32% растений зараженных ВПТ. Установлен прогрессирующий характер распространения вируса в течение 6 лет наблюдений [Козырева, Романенко, 2008]. Вирионы ВПТ существуют в виде частиц двух размеров: 185–196 нм и 50–115 нм. Длина частиц зависит от изолята, обнаружен широкий ряд серологических вариантов, специализация между серотипами вируса и отдельными видами нематод еще слабо изучена.

Основные тенденции распространения вирусов картофеля и их значение для российского картофелеводства

В XXI веке состав и распространение возбудителей вирусных болезней картофеля существенно расширились [Salazar, 2014]. Число диагностируемых в посадках картофеля вирусов возрастает за счет двух разнонаправленных процессов.

Расширяется круг хозяев у вирусов, ранее идентифицированных как возбудители болезней овощных, древесных и декоративных культур. Так, вирусы EMDV и CLRV, впервые описанные в середине прошлого столетия, теперь обнаружены на картофеле в тех же регионах, где прежде встречались только на баклажанах, томате или древесных растениях. Обнаружение в посадках картофеля других вирусов, например рода *Tospovirus*, связывают с расширением ареала возделывания картофеля, в основном, с его интродукцией в регионы субтропического климата [Jones, 2014]. Так, картофель в конце прошлого столетия поражал единственный из рода *Tospovirus* – TSWV. А за последние 20 лет родственные вирусы: INSV, TYFRV, GBNV выявлены на картофеле в Индии, Иране, Бразилии, Аргентине, Северной Америке. Другой пример быстро эволюционирующих вирусов – род *Begomovirus*, новые представители которого – ToLCNDV и ToYVSV так же стали причиной заболеваний картофеля в субтропических регионах, в основном на территориях стран с быстро развивающейся отраслью картофелеводства (Индия, Бразилия).

Кроме того, обнаружены новые возбудители вирусных болезней или их более опасные штаммы. Этот феномен связан, в первую очередь, с обширным родом *Carlavirus*, представители которого – новые, не известные ранее ви-

русы, найдены совсем недавно в Китае (PVH) или на сорте картофеля из Северной Америки (PotLV). У родственного им PVS выявлен новый высоковирулентный штамм. Так же новые вирулентные штаммы сравнительно недавно обнаружены у других повсеместно поражающих картофель вирусов – PVX, PVY. Расширяется спектр вирусов, вызывающих появление симптомов поражения на клубнях картофеля. Не только снижение урожая, но и ухудшение его качества может происходить в результате инфицирования картофеля 8 видами вирусов (EMDV, PAMV, AMV, TSWV, PVY, PMTV, TRV, TNV).

Поражение картофеля вирусами рода *Tospovirus* и рода *Begomovirus* связано не только с увеличением площадей занятых под картофель в странах с теплым климатом, но и с расширением ареалов переносчиков этих вирусов: трипса и белокрылки. Повсеместное распространение за последние 10–20 лет получили два вида: *B. tabaci* и *F. occidentalis*, удостоенные звания «супер-векторов» [Gilbertson et al., 2015]. Эти насекомые – полифаги, обладая высокой репродуктивной способностью и адаптивностью к пестицидам, а также благодаря человеческой деятельности, стали причиной распространения вирусных заболеваний на многих культурах в мировом агропроизводстве. Активное расселение *B. tabaci* (переносчика вирусов рода *Begomovirus*, *Ipomovirus*, *Torradorovirus*) привело к росту заболеваний томата, перца, фасоли, тыквенных культур. Распространение *F. occidentalis* вызвало расширение круга хозяев вирусов рода *Tospovirus* и вспышку переносимых с пылью вирусов рода *Ilarvirus*.

Глобальное потепление является одним из важнейших факторов, влияющих на мировое агропроизводство. Изменение климата способствует распространению новых вирусов или их переносчиков в регионы, прежде неблагоприятные для их существования. Многие авторы отмечают связанную с климатическими изменениями заметную экспансию за последние 20 лет насекомых-переносчиков (тлей, белокрылки, трипса и цикадок) и ассоциированных с ними вирусов рода *Potyvirus*, *Begomovirus*, *Tospovirus* и др. [Jones, Barbetti, 2012; Krishnareddy, 2013]. Наблюдаемое в последние десятилетия потепление климата, в общем, оценивают как благоприятное для сельского хозяйства России. Вместе с тем необходимо усиление мер защиты растений при прогнозируемой более высокой уязвимости сельскохозяйственных культур к воздействию вредителей и болезней. Так, в последние десять лет в Нечерноземной зоне России, как и в Скандинавии, наблюдается рост численности насекомых-вредителей, их активизация и распространение на большие расстояния при усиливающейся миграции некоторых видов в северном направлении. По итогам многолетнего (более 35 лет) мониторинга переносчиков вирусов картофеля в центральной зоне России – Московской области установлено изменение их видового состава. На посадках картофеля резко увеличилась численность самого вредоносного вида тлей – зеленой персиковой [Зейрук и др., 2008]. По наблюдениям сотрудников ВИЗР на Северо-Западе, из выявленных на картофеле тлей доминируют крушинниковая, большая картофельная, обыкновенная картофельная, в отдельные годы бобовая и в наименьшей численности персиковая

тля [Система интегрированной защиты..., 2016]. Активные поставки зарубежной сельскохозяйственной продукции (овощных и цветочных культур) также являются для России потенциальным источником новых, экзотических вирусов, или более опасных вирусных штаммов. Мониторинг декоративных культур импортного происхождения уже выявил посадочный материал, зараженный TSWV и INSV, эти же вирусы обнаружены на цветах в защищенном грунте [Шнейдер и др. 2010]. В Финляндии в период 1997–2010 гг. на цветочных и овощных культурах идентифицировано 8 новых вирусов, представителей *Tospo*-, *Potex*-, *Poty*-, *Timo*-, *Ilar*-, *Allexiviruses*. Фитовирусы, типичные для тропической и субтропической зоны, в северных широтах были найдены в тепличной культуре. Основной причиной появления экзотических вирусов авторы считают расширение географии и активизацию торговых взаимоотношений [Lemmetty et al., 2011].

Вредоносность различных вирусов определяют в системе взаимодействия патогена, растения-хозяина и условий окружающей среды. Среди известных возбудителей вирусозов, в России некоторые, мало вредоносные, могут привести к серьезным потерям в картофелеводстве при изменении условий выращивания. Возрастание количества вирусов - возбудителей болезней картофеля и изменения в географии их распространения отражают общий процесс взаимоотношений фитовирусов и их хозяев в современном агропроизводстве. Понимание глобальной ситуации необходимо для оптимизации всех звеньев интегрированной защиты, что позволит обеспечить в России устойчивое производство высококачественного урожая картофеля.

Библиографический список (References)

- Лебенштейн Г., Бергер Ф.Х., Брант А.А., Лоусон Р.Х. Вирусные и вирусоподобные болезни и семеноводство картофеля. Санкт-Петербург, Пушкин. ВИЗР. Научное издание. 2000. 275 с.
- Замалиева Ф. Борьба с вирусными болезнями картофеля // Защита и карантин растений. 2013. N 3. С. 17–21.
- Зейрук В.Н., Овзс Е.В., Абашкин О.В. и др. Изменение видового состава переносчиков вирусов картофеля по итогам многолетнего мониторинга // Картофелеводство (Минск). 2008. Т. 14. С. 391–396.
- Козырева Н.И., Романенко Н.Д. Распространение нематод семейства *TRICHODORIDAE* – переносчиков тобравирусов в Московской области // Паразитология. 2008. Т. 42. N 5. С. 4284–34.
- Система интегрированной защиты репродуктивного семенного картофеля от комплекса вредных организмов в Северо-Западном регионе Российской Федерации / Г.И. Сухорученко, Г.П. Иванова, С.А. Волгарев и др.: ФБГНУ ВИЗР. Санкт-Петербург. 2016. 64 с.
- Шнейдер Ю.А., Приходько Ю.Н., Живаева Т.С., Белошапкина О.О. Тоспивирусы на декоративных культурах // Защита и карантин растений. 2010. N 10. С. 32–35.
- Abad J. Tomato spotted wilt virus on potato in Eastern North Carolina / J. Abad, J. Moyer, G. Kennedy, G. Holms, M. Cubeta // Amer. J. of Potato Res. 2005. V.82. P. 255–261.
- Adams M.J. DPVweb: a comprehensive database of plant and fungal virus genes and genomes / M.J. Adams, J.F. Antoniw // Nucleic Acids Research. 2006. V.34. Database issue, D382–D385.
- Ansar M. Epidemiological studies of stem necrosis disease in potato caused by Groundnut bud necrosis virus / M. Ansar, M. Acram, R. B. Singh, V.S. Pundhir // Indian Phytopath. 2015. V.68. N 3. P. 321–325.
- Baulcombe D. Signal for potyvirus-dependent aphid transmission of potato aucuba mosaic virus and the effect of its transfer to potato virus X / D. Baulcombe, Joy Lloyd, I. N. Manoussopoulos, I. M. Roberts, B.D. Harrison // Journal of General Virology. 1993. V.74. P. 1245–1253.
- Bratney C. Potato latent virus: a proposed new species in the genus Carlavirus / C. Bratney, J. L. Badge, R. Burns, G. D. Foster, E. George, H. A. Goodfellow, V. Mulholland, J. G. McDonald and C. J. Jeffries // Plant Pathology. 2002. V. 51. P. 495–505.
- Celebi-Toprak F. Potato Resistance to Cucumber Mosaic Virus is Temperature Sensitive and Virus-Strain Specific / F. Celebi-Toprak, S.A. Slack, P. Russo // Breeding Science. 2003. V. 53. P. 69–75.
- Crosslin J. First report of seed-borne cherry leaf roll virus in wild potato, *Solanum acaule*, from South America / J. Crosslin, K.C. Eastwell, C.M. Davitt, J.A. Abad // Plant Disease. 2010. V. 94. P. 782.
- Crosslin J. First Report of Impatiens necrotic spot virus Infecting Greenhouse-Grown Potatoes in Washington State / J. Crosslin, L. Hamlin // Plant Disease. 2010. V. 94. N 12. P. 1507. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-07-10-0542>.
- Crosslin J. First Report of Tomato spotted wilt virus Causing Potato Tuber Necrosis in Texas / J. Crosslin, I. Mallik, N.C. Gudmestad // Plant Disease. 2009. V. 93. N 8. P. 845. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-93-8-0845A>.
- de Sousa G.D.P. Complete genome sequence of the first Andean strain of potato virus S from Brazil and evidence of recombination between PVS strains / G.D. P. de Sousa, S.B. Galvino-Costa, S.R. de Paula Ribeiro, R. Figueira Ados // Arch. Virol. 2012. V. 157. N 7. P. 1357–64. doi: 10.1007/s00705-012-1289-8.
- Fuentes S. Potato yellowing, caused by a new bacilliform virus / S. Fuentes, U. Jayasinghe // Fitopatología. 1992. V. 28. P. 22–37.
- Gilbertson R. Role of the insect supervectors *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in the emergence and global spread of plant viruses / R. Gilbertson, Ozgur Batuman, C.G. Webster, S. Adkins // Annual Review of Virology. 2015. V.2. P. 67–93.
- Gutierrez P.A. Complete genome sequence of a novel potato virus S strain infecting *Solanum phureja* in Colombia / P.A. Gutierrez, J.F. Alzate, M.A. Marin-Montoya // Arch. Virol. 2013. V. 158. N 10. P. 2205–2208. doi: 10.1007/s00705-013-1730-7.
- Gutierrez P.A. Genome sequence of a divergent Colombian isolate of potato virus V (PVV) infecting *Solanum phureja* / P.A. Gutierrez, H.J. Mesa, M. Marin-Montoya // Acta Virol. 2016. V.60. N 1. P. 49–54.
- Hooker W.J. Virus diseases of potato // Technical information Bulletin 19. International Potato Center. Lima. Peru 1982. 20 p.
- Jain R.K. Nucleocapsid protein gene sequence studies confirm that potato stem necrosis is caused by a strain of groundnut bud necrosis virus / R.K. Jain, S.M.P. Khurana, A.I. Bhat, V. Chaudhary // Indian Phyto. 2004. V. 57. P. 169–173.

- Jeffries C.J. Potato. In: *FAO/IPGRI Technical Guidelines for the Safe Movement of Germplasm*, 1998. N 19. P.178.
- Jones R., Barbetti M. Influence of climate change on plant disease infections and epidemics caused by viruses and bacteria. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 2012. V.7. N 22. P. 1–31. 10.1079/PAVSNNR20127022.
- Jones R. A. A previously undescribed nepovirus isolated from potato in Peru / R.A. Jones, C.E. Fribourg, R. Koenig // *Phytopathology*. 1983. V. 73. P. 195–198.
- Jones R. Virus disease problems facing potato industries worldwide: viruses found, climate change implications rationalizing virus strain nomenclature and addressing the potato virus Y issue. In: *The Potato, botany, production and uses*. Ed. Navarre R. and Pavec M. 2014. Washington State University. P. 202–225.
- Jones R.A.C. Beetle, contact and potato true seed transmission of Andean potato latent virus / Jones R.A.C., Fribourg C.E. // *Annals of Applied Biology*. 1977. V. 86. P. 123–128.
- Krishnareddy M. Impact of climate change on insect vectors and vector-borne plant viruses and phytoplasma / In: *Climate-resilient horticulture: adaptation and mitigation strategies*. 2013. P. 255–277.
- Kumar R. Development of PCR based methods for detection of potato aucuba mosaic virus in India / R. Kumar, A. Jeevalatha, N.N. Sharma, Sanjeev Sharma, S.K. Chakrabarti, B.P. Singh // *Potato Journal*. 2014. V. 2. N 41. P. 166–174.
- Lemmetty A. Emerging virus and viroid pathogen species identified for the first time in horticultural plants in Finland in 1997–2010 / A. Lemmetty, J. Laamanen, M. Soukainen, J. Tegel // *Agricultural and food science*. 2011. V. 20. P. 29–41.
- Li Y-Y. Discovery and Characterization of a Novel Carlavirus Infecting Potatoes in China / Y-Y.Li, R-N.Zhang, H-Y.Xiang, H. Abouelnasr, D-W. Li, J-L. Yu, J.H. McBeath, C-G. Han // *PLoS ONE*. 2013. V. 8. N 6. P.e69255. doi:10.1371/journal.pone.0069255
- Miglino R. Necrotic potato tubers infected by Eggplant mottled dwarf virus in Italy / R.Miglino, R. Sorrentino, A. De Stradis, A. Zoina and D. Alioto // *Journal of Plant Pathology*. 2013. V. 95. N 3. P. 619–621.
- Morales F. J. Potato yellow mosaic virus: a synonym of tomato yellow mosaic virus / F.J. Morales, R. Lastra, R.C de Uzcátegui, L. Calvert // *Arch. Virol*. 2001. V. 146. N 11. P. 2249–2253.
- Nisbet I. Characterization of Potato rough dwarf virus and Potato virus P: distinct strains of the same viral species in the genus *Carlavirus* / I. Nisbet, M. Butzonitch, J. Colavita et al. // *Plant Pathology*. 2006. V. 55. P. 803–812.
- Oruetebarria I. Molecular characterization of Potato virus V genomes from Europe indicates limited spatiotemporal strain differentiation / I. Oruetebarria, T. Kekalainen, C. Spetz, J. P. Valkonen // *Phytopathology*. 2000. V.90. P. 437–444.
- Perry K. L. Impatiens necrotic spot virus in Greenhouse-Grown Potatoes in New York State / K.L. Perry, L. Miller, L. Williams // *Plant Disease*. 2005. V. 89. N 3. P. 340. <http://dx.doi.org/10.1094/PD-89-0340C>.
- Pourrahim R. Occurrence of Impatiens necrotic spot virus and Tomato spotted wilt virus on Potatoes in Iran / R. Pourrahim, A. R. Golnaraghi, Sh. Farzadfar // *Plant Disease*. 2012. V. 96. N 5. P.771.
- Querci M. Analysis of the resistance-breaking determinants of potato virus X (PVX) strain HB on different potato genotypes expressing extreme resistance to PVX / M. Querci, D.C. Baulcombe, R.W. Goldbach, L. F. Salazar // *Phytopathology*. 1995. V. 85. P. 1003–1010.
- Ribeiro S. G. Potato deforming mosaic disease is caused by an isolate of Tomato yellow vein streak virus / S.G. Ribeiro, A. K. Inoue-Nagata, J.Daniels, A.C. de Ávila // *Plant Pathology*. 2006. V. 55. P. 569. doi:10.1111/j.1365-3059.2006.01432.x
- Salazar L.F. Potato viruses after XXth century: effects, dissemination and their control. 2014 / <http://www.crawfordfund.org/wp-content/uploads/2014/03/Salazar-Potato-Viruses.pdf>.
- Salazar L.F. Potato yellow vein virus: its host range, distribution in South America and identification as a crinivirus transmitted by *Trialeurodes vaporariorum* / L.F. Salazar, G. Müller, M. Querci, J.L. Zapata, R.A. Owens // *Ann. Appl. Biol.* 2000. V. 137. P. 7–19.
- Santala J. Detection, distribution and control of Potato mop-top virus, a soil-borne virus, in northern Europe / J. Santala, O. Samuilova, A. Hannukkala, S. Latvala et al. // *Annals of Applied Biology*. 2010. V. 157. P.163–178.
- Tozzini A.C. PVX MS, a new strain of Potato virus that overcomes the extreme resistance gene RX / A.C. Tozzini, M.F. Ceriani, P. Cramer, E.T. Palva, H.E. Hopp // *J. Phytopathol.* 1994. V. 141. P. 241–248. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0434.1994.tb01467.x>.
- Tzanetakis I. Epidemiology of criniviruses: an emerging problem in world agriculture / I. Tzanetakis, R.R. Martin, W.M. Wintermantel // *Front. Microbiol.* 2013. V.4. N 119. P. 1–15. <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2013.00119>
- Usharani K.S. Potato leaf curl – a new disease of potato in northern India caused by a strain of Tomato leaf curl New Delhi virus / K.S. Usharani, B. Surendranath, S.M. Paul-Khurana, I.D. Garg, V.G. Malathi // *New Dis. Rep.* 2003. V. 8. P. 2.
- Villamil-Garzón A. Natural co-infection of *Solanum tuberosum* crops by the Potato yellow vein virus and potyvirus in Colombia / A.Villamil-Garzón, W.J. Cuellar, M. Guzmán-Barney // *Agron. Colomb.* 2014. V.32. N2. P. 213–223. <http://dx.doi.org/10.15446/agron.colomb.v32n2.43968>
- 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. V. 7. N 11. P.e50631. doi:10.1371/journal.pone.0050631.
- Xu H. Genomic variability in Potato virus M and the development of RT-PCR and RFLP procedures for the detection of this virus in seed potatoes / H.Xu, J. D'Aubin, J.Nie // *Virology Journal*. 2010. V. 7. P. 25. DOI: 10.1186/1743-422X-7-25.

Translation of Russian References

- Kozyreva N.I., Romanenko N.D. Distribution of Trichodoridae nematodes – carriers of tobnavirus in the Moscow region. *Parazitologiya*. 2008. V. 42. N 5. P. 428–434. (In Russian).
- Lebenshtein G., Berger F.Kh., Brant A.A., Louson R.Kh. Viral and virus-like diseases and seed farming of potatoes. St. Petersburg, Pushkin: VIZR. 2000. 275 p. (In Russian).
- Shneider Yu.A., Prikhodko Yu.N., Zhivaeva T.S., Beloshapkina O.O. Tospoviruses on decorative cultures. *Zashchita i karantin rastenii*. 2010. N 10. P. 32–35. (In Russian).
- Sukhoruchenko G.I., Ivanova G.P., Volgarev S.A. et al. System of integrated protection of reproductive seed potatoes against complex of harmful organisms in the North-western region of the Russian Federation. St.Petersburg: FGBNU VIZR. 2016. 64 p. (In Russian).
- Zamalieva F. Fight against viral diseases of potatoes. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2013. N 3. C. 17–21. (In Russian).
- Zeiruk B.N., Oves E.V., Abashkin J.V. et al. Change of species composition of potato virus carriers of following the results of long-term monitoring. *Kartofelevodstvo (Minsk)*. 2008. V. 14. P. 391–396. (In Russian).

Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 24–33

WIDESPREAD AND POTENTIALLY DANGEROUS TO RUSSIAN AGRICULTURE CAUSATIVE AGENTS OF VIRAL DISEASES OF POTATO

E.V. Rogozina¹, N.V. Mironenko², O.S. Afanasenko², Yosuke Matsushita³

¹*N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia*

²*All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia*

³*NARO Agricultural Research Center, Tsukuba, Ibaraki, Japan*

Potato is one of the agricultural crops suffered from virus diseases heavily. Among 400 viruses infecting plants, 52 ones have been recorded as infecting potato; some of which affect potato worldwide, while others are restricted to the South American territory. Since the last century, the number of viruses infecting potato has increased significantly, from 25 to 37 viruses. The 35 most studied viruses can infect potato in natural conditions. They belong to 13 families according with the classification of viruses proposed by the International Committee on Taxonomy of Viruses. Potato viruses are placed into one of the groups, which have genome with negative or positive sense single-stranded RNA or single-stranded circular DNA. In 21st century the

number and range of viruses infecting potato increased due to expanding the host range of viruses, which have been recorded previously on vegetables, forest or ornamental crops (genera *Tospovirus*, *Begomovirus*). Also, new viruses or new virulent strains have been found (genera *Carlavirus*, *Potyvirus*). Climate changes, expansion of potatoes into new areas and dispersal of vectors transmitting viruses, especially *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis*, are the main reasons for appearance of viruses infecting potato. Intensification of global trade and delivery of agricultural products from abroad lead to virus introduction from tropic and sub-tropic zones into greenhouses in arctic countries (Russia, Finland). Understanding global situation, monitoring of virus vectors and phytosanitary control are necessary in order to organize the integrated pest management and to provide the sustainable potato growing in Russia.

Keywords: potato; virus; distribution; harmfulness.

Сведения об авторах

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР).
Б. Морская 42-44, 190000, Санкт-Петербург, Российская Федерация
*Рогозина Елена Вячеславовна. Ведущий научный сотрудник, доктор биологических наук, e-mail: rogozinaelena@gmail.com
Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
Мироненко Нина Васильевна. Зав. сектором, доктор биологических наук, e-mail: vizrspbz@mail.ru
Афанасенко Ольга Сильвестровна. Зав. лабораторией, доктор биологических наук, академик РАН, e-mail: vizrspbz@mail.ru
NARO Agricultural Research Center, Tsukuba, Ibaraki, Japan
Yosuke Matsushita, Senior researcher, e-mail: yousuken@affrc.go.jp

Information about the authors

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR),
B. Morskaya 42-44, 190000, St. Petersburg, Russian Federation
*Rogozina Elena Vyacheslavovna. Leading Researcher, DSc in Biology,
e-mail: rogozinaelena@gmail.com.
All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608,
St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
Mironenko Nina Vasilievna. Head of Sector, DSc in Biology,
e-mail: vizrspbz@mail.ru
Afanasenko Olga Silvestrovna. Head of Laboratory, DSc in Biology,
Academician, e-mail: vizrspbz@mail.ru
NARO Agricultural Research Center, Tsukuba, Ibaraki, Japan
Yosuke Matsushita, Senior researcher, e-mail: yousuken@affrc.go.jp

* Ответственный за переписку

* Responsible for correspondence