

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ АЛЕКСЕЯ ИВАНОВИЧА КУРЕНЦОВА

A. I. Kurentsov's Annual Memorial Meetings

2019

вып. XXX

<https://doi.org/10.25221/kurentzov.30.18>

<http://zoobank.org/References/2B88CE3C-58CA-4FBC-A5B8-905CCD8B7414>

НАСЕКОМЫЕ-ПЕРЕНОСЧИКИ ВИРУСНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ
КАРТОФЕЛЯ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

Н.Н. Какарека^{1,*}, В.Ф. Толкач¹, М.В. Сапоцкий¹, Ю.Г. Волков¹,
М.Ю. Щелканов^{1,2,3}

¹ Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной
Азии ДВО РАН, г. Владивосток

*Корреспондирующий автор, E-mail: kakareka@biosoil.ru

² Национальный научный центр морской биологии ДВО РАН, г. Владивосток

³ Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

Представлен обзор насекомых–переносчиков вирусных заболеваний картофеля на Дальнем Востоке России. Из 30 известных вирусов картофеля на Дальнем Востоке обнаружено 11, большинство из которых распространяется насекомыми–переносчиками. Важнейшими, но не единственными, переносчиками фитовирусов являются тли. Прослежена взаимосвязь между биологией тлей и их способностью к передаче вирусной инфекции. Подчёркивается важность энтомологических исследований как обязательного элемента фитовирусологического мониторинга.

Картофель (*Solanum tuberosum*) – одна из ведущих и наиболее ценных продовольственных культур во всём мире. В связи с вегетативным размножением в нём происходит резервация и накопление возбудителей инфекционных заболеваний. Среди них ведущую роль играют вирусные (включая виroidные) и микоплазменные заболевания. В настоящее время в мире насчитывают более 30 видов вирусов, 1 виroidа и 4 фитоплазм, которые поражают картофель. Практически все они передаются тлями (Hemiptera: Aphidoidea) и другими насекомыми-фитофагами.

В результате проведённых исследований на Дальнем Востоке России идентифицированы 11 вирусов картофеля.

Наиболее часто встречающимися и вредоносными являются X-вирус картофеля (ХВК) (*Tymovirales, Alphaflexiviridae, Potexvirus*), S-вирус картофеля (SBK) (*Tymovirales, Betaflexiviridae, Carlavirus*), M-вирус картофеля (МВК) (*Tymovirales, Betaflexiviridae, Carlavirus*), Y-вирус картофеля (YBK) (*Potyviridae, Potyvirus*), вириод веретеновидности клубней картофеля (ВВКК) (*Pospiviroidae, Pospiviroid*); реже – вирус скручивания листьев картофеля, или L-вирус картофеля (ЛВК) (*Luteoviridae, Polerovirus*), A-вирус (АВК) (*Potyviridae, Potyvirus*), F-вирус картофеля (FBK) (*Tymovirales, Alphaflexiviridae, Potexvirus*), вирус погрелковости табака, или R-вирус картофеля (РВК) (*Virgaviridae, Tobravirus*), и вирус мозаики люцерны (ВМЛ) (*Bromoviridae, Alfamovirus*). В смешанной инфекции с ХВК на картофеле был обнаружен вирус табачной мозаики (ВТМ) (*Virgaviridae, Tobamovirus*). Картофель может поражаться и вирусом огуречной мозаики (ВОМ) (*Bromoviridae, Cucumovirus*). В круг растений-хозяев этих вирусов входят значительное количество дикорастущих и сорных видов растений, которые выступают в качестве природных резервуаров, из которых патогены могут проникать в агробиоценозы (Волков, 2014).

Регионы Дальнего Востока в значительной степени различаются по природно-климатическим параметрам, что влияет и на видовой состав и на уровень размножения насекомых, вредящих картофелю.

Наиболее важной таксономической группой переносчиков является отряд равнокрылых (Homoptera). Среди них большее значение имеют тли, которые передают больше фитовирусов, чем другие представители этого отряда. Это объясняется их массовым и быстрым размножением, миграциями и чередованием растений-хозяев, подвижностью и особенностью питания. Численность и распространенность тлей разных видов зависит от температуры в пределах 20–25 °С, влажности воздуха в пределах 55–75 %, силы (2 м/с) и направления ветра, ландшафта местности (Дьяконов, Какарека, 2007).

Широкомасштабное обследование картофеля по всему Дальневосточному региону выявило прямую корреляцию: где отсутствуют в значительном количестве переносчики, там нет и массового поражения вирусами возделываемой культуры. Поэтому мониторингу энтомофауны картофельного поля было уделено значительное внимание. Мониторинг видового и количественного состава тлей на Дальнем Востоке России ведётся с середины прошлого столетия по настоящее время.

В справочной и энтомологической литературе или совсем не упоминалось о тлях на картофеле, или сведения о них были очень незначительны. Это объясняется тем, что тли, живущие на картофеле, не воспринимались практиками как опасные вредители данной культуры. Однако в связи с тем, что «картофельные» тли оказались переносчиками фитопатогенных вирусов, вновь возник интерес к этой группе насекомых. В отечественной литературе о вирофорных свойствах тлей по отношению к вирусам, поражающим картофель, впервые было сообщено в 1938 г. (Кривин, 1938а, б). Следующая работа в этом плане – о значении тлей в распространении морщинистой мозаики картофеля, этиологически связанной с YBK, – появилась лишь после 15-летнего перерыва

(Развязкина, 1953). В обоих случаях в качестве переносчика инфекции изучали преимущественно зелёную персиковую тлю (*Myzus persicae*), колонизирующую большое количество видов, включая картофель.

Сборы насекомых, проведенные на полях разных районов Приморья и других субъектов ДФО в течение многих лет, показали, что первые экземпляры афидид появляются на картофеле в начале июня. Это в основном крылатые особи, что косвенно указывает (при отсутствии в массе на листьях картофеля личинок и бескрылых особей) на миграционный характер заселения. Тли летят на картофель как из мест перезимовывания, так и с промежуточных кормовых растений. В результате благоприятного питания на молодых сочных листьях при отсутствии хищников и паразитов происходит быстрое, в течение 5–10 дней, увеличение численности насекомых.

Это наблюдение указывает на то, что прочистки на семеноводческих посадках картофеля необходимо производить как можно раньше во избежание переноса вирусной инфекции крылатыми мигрантами тлей, в массе появляющимися в конце июня – начале июля.

Мониторинг фитосанитарного состояния посадок картофеля позволил составить представление об их энтомофауне, её роли в распространении вирусных инфекций и о тесной взаимосвязи между природными фитоценозами и агроценозами. Необходимо констатировать, что самые благоприятные для сельскохозяйственного производства районы по климатическим показателям являются столь же благоприятными для развития и лёта насекомых.

Таблица 1

Сравнение состояния афидофауны картофельного поля по регионам
Дальнего Востока

Регион	На одну ловушку Мёрике	особей на 100 листьев картофеля
1	2	3
Приморский край	1088	302
Амурская область	486	152
Хабаровский край	225	21
Сахалинская область	115	146
Камчатская область	35	2
Магаданская область	17	4

В табл. 1 в качестве примера показан уровень размножения тлей в изученных регионах Дальнего Востока. Наиболее приемлемыми для производства картофеля (включая и закрытое семеноводство на оздоровленной основе) остаются лишь пахотные угодья Камчатки: здесь практически нет тлей-переносчиков фитовирусов. Наибольшая численность тлей в посадках картофеля регистрируется на территории Приморского края.

Особенности распространения фитовирусов на Дальнем Востоке во многом обусловлены климатическими и географическими особенностями этого региона. Здесь проходят интенсивные сезонные миграционные потоки птиц, способных

переносить фитовирусы контактным путём. Мощные воздушные потоки с юга (юго-востока) на север (северо-запад) переносят возбудителей различных природно-очаговых инфекций не только человека, но и культурных растений. Регистрировать случаи переноса многочисленных насекомых, обладающих вирофорными свойствами.

В результате проведенных исследований энтомофауны картофельных полей было установлено, что картофель, как кормовое растение, используют следующие виды тлей: зелёная персиковая (*Myzus persicae*), обыкновенная картофельная (*Aulacorthum solani*), большая картофельная (*Macrosiphum euphorbiae*), бахчёвая (*Aphis gossypii*) и – реже – крушинниковая (*Aphis frangulae*) и бобовая (*Aphis fabae*). Анализ литературных данных показывает, что к переносу вирусов, поражающих картофель, имеют отношение многие виды тлей (табл. 2).

Таблица 2
Тли-переносчики вирусов картофеля (по: Kennedy, 1962; Fritzsche, 1972)

Вид тлей	Вirus картофеля						Вироид (ВВКК)
	A	F	L	M	S	Y	
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Acyrtosiphon pisum</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Aphis acanthi</i>	-	+	-	-	-	-	-
<i>Aphis evonymi</i>	-	+	-	-	-	-	-
<i>Aphis fabae</i>	-	-	+	+	-	+	-
<i>Aphis frangulae</i>	-	+	-	+	-	+	+
<i>Aphis gossypii</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Aphis nasturtii</i>	+	+	+	-	-	+	+
<i>Aphis spiraeicola</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Aulacorthum solani</i>	+	+	+	+	-	+	-
<i>Brachycaudus helichrysi</i>	-	-	+	-	-	+	-
<i>Brachycaudus tragopogonis</i>	-	+	-	-	-	+	-
<i>Brevicoryne brassicae</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Idiopterus nephrolepidis</i>	-	+	-	-	-	+	-
<i>Lipaphis erysimi</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Macrosiphoniella sanborni</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	+	-	+	+	-	+	+
<i>Metopolophium primulae</i>	+	-	-	-	-	+	-
<i>Myzus ascalonicus</i>	-	-	+	-	-	-	-
<i>Myzus cerasi</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Myzus ornatus</i>	-	-	+	-	-	+	-
<i>Myzus persicae</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Neomyzus circumflexus</i>	+	+	+	-	-	+	-
<i>Phorodon humuli</i>	-	-	+	-	-	+	-
<i>Rhopalosiphoninus latysiphon</i>	-	-	+	-	-	-	+
<i>Rhopalosiphoninus tulipaellus</i>	-	-	+	-	-	+	-
<i>Schizaphis graminum</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Sitobion avenae</i>	-	-	-	-	-	+	-

Учитывая ведущую роль афидид в качестве переносчиков вирусов картофеля, в практическом плане их удобно разделить на три группы. Первая группа – виды тлей, обычные на картофеле, для которых он является основным кормовым растением: персиковая, обыкновенная картофельная, большая картофельная и бахчевая тли. Все они в соответствующих условиях образуют на листьях (преимущественно) и на цветоносах колонии бескрылых или крылатых особей. Тли всех перечисленных видов являются переносчиками возбудителей различных вирусных заболеваний картофеля, а при массовом размножении могут стать и непосредственными его вредителями. Вторая группа – виды тлей, эпизодически заселяющие картофель, но неспецифичные для него: крылатые имаго попадают на него со своих кормовых растений случайно, но, поселившись на картофеле, могут при благоприятных условиях основать на них колонии и даже дать вспышки массового размножения. В условиях Дальнего Востока сюда следует отнести крушинниковую и бобовую тлей. Третья группа – виды тлей, случайные для картофеля. Крылатые особи полноциклических тлей попадают на картофель, в основном, в период миграции с основного растения (древесных и кустарниковых пород) на вторичные кормовые растения (различные травянистые). Не исключено, что при определенных обстоятельствах (при уборке картофеля позднеспелых сортов) эти полноциклические виды могут вновь попасть на упомянутую культуру – при ремиграции на зимних хозяев. Случайными поселенцами на картофеле могут оказаться и неполноциклические виды несвойственных картофелю тлей при своем активном перемещении в поисках более благоприятного корма или при пассивном переносе их ветром. Во всех случаях такие тли будут совершать на картофеле лишь пробные уколы, не причиняя растению заметного ущерба в качестве непосредственных вредителей, однако они могут сыграть свою важную роль в распространении некоторых непersistентных вирусов, так как многие афидиды из третьей группы обладают вирофорными свойствами.

В обзорной статье P.W. Wellings et al. (1989) отмечается, что афидиды способны значительно изменять физиологическое состояние своих кормовых растений, во многих случаях существенно уменьшая их продуктивность. Вредоносность этих насекомых непосредственно проявляется в изъятии ими азотных и углеводных питательных ресурсов растения. Кроме того, многие виды тлей вызывают деформацию органов растений и изменение окраски листьев. Это приводит к нарушению их функций: сокращается площадь фотосинтезирующей поверхности, изменяются ассимиляционные процессы. Вредоносность будет определяться пищевой активностью тлей, которая, в свою очередь, зависит от численности вредителя, вида (сорта) кормового растения и от условий внешней среды.

Экспериментальные исследования в условиях Дальнего Востока показали, что наиболее эффективным переносчиком вирусов картофеля является персиковая тля. В частности, ЛВК передается её особями на 82–100 % (Дьяконов, 1977). Не менее эффективна персиковая тля и как переносчик СВК. При инфицировании вектора на вирусном растении в течение одной минуты, одного часа и

одних суток число воспринявших инфекцию кустов составило соответственно 30 %, 30 % и 100 %, соответственно, от общего количества испытуемых растений. Во всех вариантах клубневое потомство от заразившихся растений было на 100 % поражено СВК (Фомина, 1971). Аналогичные данные были получены для передачи МВК. При кратковременном кормлении (1 мин и 1 ч) на инфицированном растении особей персиковой тли они передавали инфекцию в 30–50 %; при более длительном (в течение 1 сут.) питании эффективность биоинкуляции повышалась до 80 % (Фомина, Лебедева, 1975). Успешно переносят «картофельные» вирусы и особи бахчевой тли (Дьяконов, 1976). Судя по результатам других экспериментальных исследований, высокой вирофорностью обладают также особи обыкновенной картофельной тли дальневосточной популяции. Большая картофельная тля – наряду с персиковой – в условиях Приморского края – имеет, вероятно, отношение и к переносу возбудителя веретеновидности клубней картофеля (Дьяконов, 1994).

В наших исследованиях было установлено, что 28-пятнистая картофельная коровка является переносчиком совместной инфекции некротического штамма УВК и ВВКК, дающего симптомы в виде крупных жёлтых пятен. Это заболевание получило название «крупнозональной жёлтой пятнистости» (Романова, 2007).

Наибольший вред как переносчики вирусов тли наносят картофелю на семеноводческих посевах, так как подвергают вторичному заражению оздоровленный посадочный материал. Поэтому меры борьбы с упомянутыми вредителями разрабатываются в основном применительно к семеноводству картофеля на безвирусной (оздоровленной) основе (Романова, 2007).

По обилию видов, встречающихся на картофеле, второе место занимают жуки (Coleoptera). Наибольшее значение по вредоносности из них имеет 28-пятнистая картофельная коровка (*Epilachna vigintioctomaculata*). В эксперименте показано, что перезимовавшие жуки, их личинки и молодые взрослые особи могут переносить ряд картофельных вирусов, хотя и не с такой эффективностью, как тли. Высокая мобильность, способность к дальним перелетам, большая плодовитость делает этого вредителя опасным вектором вирусов картофеля.

Е.Г. Лебедевой с соавт. (1982) было установлено, что переносчиком вирусов картофеля можно считать полевого клопа (*Lygus rugulipennis*). Перезимовавшие особи являются резервуарами вирусов с осени предшествующего года; личинки, отродившиеся и выросшие на растениях картофеля; имаго 1-го и 2-го поколения, питавшиеся на вирусных растениях.

Природные резервуары и переносчики вирусов картофеля представлены в табл. 3.

Сегодня проблемой становится не только вопрос оздоровления посевного материала от вирусной инфекции, но и сохранение его от повторного заражения. При разработке мер борьбы с вирусами сельскохозяйственных культур мы должны исходить из того, что взаимоотношения в системе «вирус-переносчик-хозяин» следует рассматривать и изучать не только в масштабах агроценоза, но и с учётом возможной циркуляции вируса из природных растительных

сообществ в культурные ландшафты и обратно. Все взаимоотношения в указанной системе осуществляются лишь при определенных параметрах времени и пространства (Дьяконов, 2005; Волков, Какарека, 2010).

Таблица 3

Основные экологические характеристики вирусов картофеля
на Дальнем Востоке

Вирус	Вектор	Наиболее характерные природные резервуары
1	2	3
Y-вирус картофеля	Персиковая и крушинниковая тля	Виды сем. астровых и вьюнковых
S-вирус картофеля, M-вирус картофеля	Персиковая и бахчевая тля, 28-пятнистая картофельная коровка, клоп полевой	Виды сем. астровых, клевер луговой, мшанка крупная, шавель воробьиный, подорожник азиатский.
X-вирус картофеля	28-пятнистая картофельная коровка	Физалис голоножковый, мышиный горошек, мята даурская, хвощ полевой, полынь маньчжурская
L-вирус картофеля	Персиковая тля, 28-пятнистая картофельная коровка, клоп полевой	Виды сем. паслёновых
Вирус табачной мозаики	Нет вектора	Виды сем. паслёновых, астровых, маревых, подорожниковых
Вирус огуречной мозаики	Персиковая, бахчевая и обыкновенная картофельная тля, 28-пятнистая картофельная коровка	Виды сем. астровых, бобовых, розоцветных, подорожниковых

Итак, вирусы и их переносчики были, есть и будут составной частью фитоценозов, включая агроценозы. Попытка человека осуществить их эрадикацию не даст ожидаемого эффекта. Скорее наоборот – неумелые действия могут привести к гибели растений в агроценозе. Наша задача – максимально уменьшить ущерб от вирусных инфекций и не допустить опасных эпифитотий, распространение которых определяется взаимоотношением составляющих «экологического треугольника»: патогена, хозяина и среды. У многих вирусов, в частности – фитовирусов добавляется четвертый фактор: переносчик возбудителя инфекции. Взаимодействие этих факторов имеет решающее значение в развитии вирусных заболеваний и подборе мер борьбы с ними. Для этой цели требуется не только детальное изучение вируса, но и всестороннее изучение переносчика инфекции.

Из полученных данных можно сделать вывод о том, что энтомологические исследования должны развиваться с использованием современных молекулярно-генетических технологий как обязательного элемента комплексного фитовирусологического мониторинга.

ЛИТЕРАТУРА

Волков Ю.Г., Какарека Н.Н. 2010. Уничтожайте насекомых переносчиков вириода веретеновидности клубней картофеля. *Картофель и овощи*, (7): 28–29.

Волков Ю.Г., Какарека Н.Н., Козловская З.Н., Плешакова Т.И. 2014. Результаты мониторинга зараженности картофеля вирусными заболеваниями на юге Приморского края с 2002 по 2012 гг. *Доклады РАСХН*, 4: 20–23.

Дьяконов К.П. 1976. О возможности переноса некоторых фитовирусов тлями (Homoptera, Aphidinea) неспецифических видов. *Вирусные болезни растений Дальнего Востока*. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 271–275.

Дьяконов К.П. 1977. Биология и экология персиковой тли – эффективного переносчика вирусов на юге Дальнего Востока. *Вирусы и вирусные болезни растений Дальнего Востока*. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 97–102.

Дьяконов К.П., Волков Ю.Г., Какарека Н.Н., Романова С.А. 2005. Взаимоотношения в системе «Вирус – вектор – агробиоценоз». *Известия ТСХА*, 3: 107–115.

Дьяконов К.П., Какарека Н.Н. 2007. Афииды (Aphididae, Homoptera) – вредители и переносчики вирусов овощных культур на юге Приморского края. *Картофель и овощи*, 8: 28.

Дьяконов К.П., Романова С.А., Леднева В.А. 1994. Новый интерес к большой картофельной тле. *Защита растений*, 5: 40–41.

Кривин Б.Г. 1938а. О вирофорных свойствах персиковой тли по отношению к картофельным вирусам. *Итоги научно-исследовательских работ ВИЗР за 1936 г. Ч. 3. Л.: ВИЗР. С. 22–25.*

Кривин Б.Г. 1938б. О возможных переносчиках картофельных вирусов в Московской области. *Итоги научно-исследовательских работ ВИЗР за 1936 г. Ч. 3. Л.: ВИЗР. С. 25–27.*

Лебедева Е.Г., Дьяконов К.П., Немилостива Н.И. 1982. *Насекомые-переносчики вирусов растений на Дальнем Востоке*. Владивосток: Дальневосточное книжное изд-во. 194 с.

Развязкина Г.М. 1953. Значение тлей в распространении морщинистой мозаики картофеля. *Зоологический журнал*, 32(2): 229–234.

Романова С.А., Леднева В.А., Волков Ю.Г., Плешакова Т.И., Козловская З.Н. 2007. Заболевание картофеля, вызываемое совместной инфекцией вириода веретеновидности клубней картофеля и Y-вируса картофеля. *Доклады РАСХН*, 3: 22–25.

Фомина К.И. 1971. Опыт использования афицидов в борьбе с переносчиками вирусов картофеля. *Вирусные болезни сельскохозяйственных растений Дальнего Востока*. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 164–170.

Фомина К.И., Лебедева Е.Г. 1975. S- и M-вирусы картофеля и их переносчики в Приморском крае. *Вирусологические исследования на Дальнем Востоке. Вып. 2*. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 132–136.

Fritzsche R., Karl E., Lehman W., Proeseler G. 1972. *Tiersche vectoren pflanzenpathogenen Viren*. Jena. 521 p.

Kennedy J.S., Day M.F., Eastop V.F.A 1962. *Conspectus of aphids as vectors of plant viruses*. London: Commonwealth Institute of Entomology. 114 p.

Wellings P.W., Ward S.A., Dixon A.F.G., Rabbinge R. 1989. Crop loss assessment. *Aphids, their biology, natural enemies and control*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers. P. 49–64.

INSECTS-VECTORS OF VIRAL DISEASES OF POTATOES IN THE RUSSIAN FAR EAST

N.N. Kakareka^{1,*}, V.F. Tolkach¹, M.V. Sapotskiy¹, Yu.G. Volkov¹,
M.Yu. Shchelkanov^{1,2,3}

¹ Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

*Corresponding author, E-mail: kakareka@biosoil.ru

² National Scientific Center of Marine Biology, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia

³ Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Presented review is devoted to the analysis of the insects-vectors for viral diseases of potatoes in the Russian Far East. Eleven viruses (among 30 known ones) have been described in the Far East with most of them are being transmitted by insect vectors. Aphids are the most significant vectors of phytoviruses. Relations between aphid biology and the ability to transmit viruses are discussed. The importance of entomological studies as a significant element of phytovirus monitoring is highlighted.