



Check for updates

<https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2023-15-4-772-780>
<http://zoobank.org/References/911AC5F2-8436-40A5-AAA3-DD5B044B92CF>

УДК 635.21:632.3.38:632.763.79

Роль *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858 (Coleoptera:Coccinellidae) в переносе фитовирусов картофеля

О. А. Собко, Н. В. Мацшина ✉

ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки», ул. Воложенина, д. 30,
пос. Тимирязевский, 692539, г. Уссурийск, Россия

Сведения об авторах

Собко Ольга Абдулалиевна
E-mail: o.eyvazova@gmail.com
SPIN-код: 8082-5318
Scopus Author ID: 57218617568
ORCID: 0000-0002-4383-3390

Мацшина Наталия Валериевна
E-mail: mnathalie134@gmail.com
SPIN-код: 7734-6656
Scopus Author ID: 57218616526
ORCID: 0000-0001-0165-1716

Аннотация. В Приморском крае наибольшее значение как вредитель сельскохозяйственных культур имеет картофельная коровка *Henosepilachna vigintioctomaculata*. Исследование проведено в 2019–2022 гг. в Приморском крае. В ходе эксперимента проанализировано 55 особей картофельной коровки, из которых 25% особей были препарированы с целью отделения головы с ротовыми органами, конечностей, извлечения кишечника. Все образцы были проанализированы на наличие или отсутствие вирусной инфекции методом RT-PCR. Тотальную РНК выделяли коммерческими наборами для выделения нуклеиновых кислот из растительного материала «ФитоСорб» (Синтол) с использованием магнитных частиц на автоматической станции выделения KingFisher Flex (ThermoScientific). В ходе проведенного исследования в теле картофельных коровок, собранных в природных популяциях, нами были обнаружены следующие вирусы картофеля: вирус скручивания листьев картофеля (PLRV), вириод веретеновидности клубней картофеля (PSTVd), вирус картофеля S (PVS), вирус картофеля Y (PVY), вирус картофеля M (PVM). Наличие вируса картофеля X (PVX) и вируса картофеля A (PVA) установлено не было. При этом количественно преобладали вирусы PVS и PVM. Для особей, лишенных головы, было характерно наличие вирусов PVM, PVS, PVY. На ротовых органах и в кишечнике картофельной коровки обнаружен только вирус картофеля S, что опровергает мнение Е. Г. Лебедевой о переносе вируса X с экскрементами. При этом лишенные ног коровки являлись носителями всех упомянутых вирусов, за исключением PVM и PVS, что указывает на механический путь распространения данных фитовирусов в экосистеме картофеля. В процессе анализа онтогенетических стадий картофельной коровки было установлено, что в яйцекладке, собранной с бумажного фильтра, чтобы исключить контаминацию от листа картофеля, обнаружены PVY и PVS вирусы. Личинки также являлись носителями PVY и PVS, кроме того, у них отмечен слабоположительный сигнал для вириода веретеновидности клубней, что объясняется отсутствием оздоровленного материала для корма и неравномерным распределением фитовирусов в популяции картофеля. В куколке картофельной коровки отмечены PLRV, PVM, PVS, PVY, PVX вирусы, а в только что отродившемся имаго — только PVY и PVX. Установлено, что вирус PVY присутствует на протяжении всего жизненного цикла в теле насекомого и может передаваться из поколения в поколение. Полученные данные свидетельствуют о циркуляции PVY вируса в гемолимфе картофельной коровки.

Права: © Авторы (2023). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY-NC 4.0.

Ключевые слова: фитовирусы, картофель, фитофаги, насекомые-векторы, имаго

Role of *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858 (Coleoptera: Coccinellidae) in the transmission of potato viruses

O. A. Sobko, N. V. Matsishina✉

FSBSI "FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaiki", 30 Volozhenina st., Timiryazevsky stl., 692539, Ussuriysk, Russia

Authors

Ol'ga A. Sobko

E-mail: o.eyvazova@gmail.com

SPIN: 8082-5318

Scopus Author ID: 57218617568

ORCID: 0000-0002-4383-3390

Nataliya V. Matsishina

E-mail: mnathalie134@gmail.com

SPIN: 7734-6656

Scopus Author ID: 57218616526

ORCID: 0000-0001-0165-1716

Abstract. The potato ladybird beetle *Henosepilachna vigintioctomaculata* plays an important role in the agriculture of Primorsky Krai as a dangerous pest of agricultural crops. Our research was carried out in Primorsky Krai in 2019–2022. In the course of the experiment, 55 insects were analyzed, 25% of which were vivisectioned to separate out the head with mouthparts, legs, and intestines. All specimens were tested for viral infection by RT-PCR. The total RNA was isolated using PhytoSorb (Syntol Llc) commercial kits for the extraction of nucleic acids from plant material and KingFisher Flex (ThermoScientific) benchtop automated extraction instrument with magnetic particles. The research detected the following potato viruses in the bodies of the potato ladybird beetles collected in nature: PLRV, PSTVd, PVS, PVY, and PVM. Potato viruses X and A were not found. Potato viruses S and M were dominant in terms of quantity. PVM, PVS, and PVY were common for the beetles without the heads. Only potato virus S was found on the mouthparts and in the intestines of the analyzed beetles. This fact contradicts the suggestion of E.G. Lebedeva that PVX can be transmitted with excrements. The beetles without the legs contained all of the abovementioned viruses except PVM and PVS. This indicates that these viruses are transmitted mechanically in potato agroecosystems. Analyzing the ontogenetic stages of the potato ladybird beetle established the following facts: egg masses collected from filter paper (to exclude the possibility of contamination) contained PVY and PVS. Larvae were vectors of PVY and PVS as well. Additionally, a weak positive signal was detected for PSTVd, which could be explained by the absence of virus-free food source and an uneven distribution of plant viruses in a potato population. PLRV, PVM, PVS, PVY, and PVX were detected in the bodies of pupae. Newly emerged imagines contained only PVY and PVX. It was established that PVY remained in the bodies of insects throughout their life cycle and could be transmitted from one generation to the next. The obtained data demonstrate the circulation of PVY in the hemolymph of the potato ladybird beetle.

Keywords: plant viruses, potato, phytophages, insect vectors, imago

Copyright: © The Authors (2023).
Published by Herzen State Pedagogical
University of Russia. Open access under
CC BY-NC License 4.0.

Введение

Возникновение, развитие и затухание вирусных болезней растений зависят от взаимодействия следующих факторов: популяции возбудителя болезни, популяции растения-хозяина и популяции насекомого-переносчика, а также от условий окружающей среды. В возникновении вирусной болезни каждый компонент играет свою роль и имеет определенное значение. Среди условий, определяющих течение эпифитотий, основное значение имеет наличие возбудителя. Вирусы растений могут передаваться вертикально (от родителей к потомству) и горизонтально (от боль-

ных растений к здоровым). Большинство растительных вирусов активно передается от зараженных растений к здоровым с помощью другого организма, называемого переносчиком (или вектором) (Назаров и др. 2020). Выживание, передача и распространение большинства растительных вирусов зависят от насекомых-переносчиков. Переносчик способен подхватывать патоген с одного растения и передавать его другому растению. Между вектором и вирусом возникают определенные взаимодействия, которые способствуют лучшей передаче фитовируса. Различают несколько типов взаимодействия — циркуляцион-

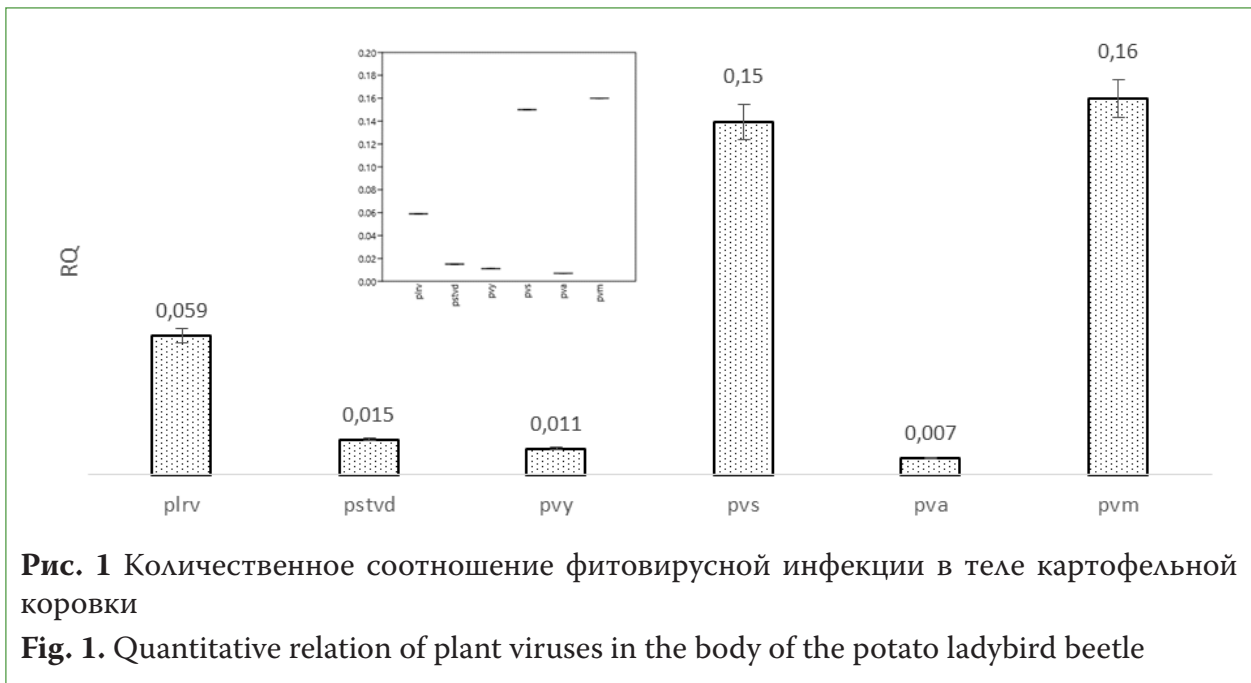
ные (в том числе системная, когда вирусы проникают через кишечник в гемолимфу, циркулируют в ней и накапливаются в слюнных железах, и трансовариальная, когда происходит репликация внутри тела насекомого) и нециркуляционные, когда репликации вируса в организме нет, а патоген прикрепляется к ротовому аппарату во время кормления и высвобождается через слюну при питании на условно здоровом растении (Sarwar 2020). Среди насекомых–переносчиков фитовирусов преобладают представители отрядов Hemiptera (полужесткокрылые, которые передают 90% болезней растений), Thysanoptera (трипсы), Coleoptera (жуки), Orthoptera (прямокрылые) и Dermaptera (уховертки). Из 850 описанных вирусов растений около половины передаются тлями, основными переносчиками являются *Myzus persicae*, *Aphis gossypii* и *Aphis craccivora*, почти треть — цикадками, а часть — мучнистыми червецами, белокрылками и трипсами. Подавляющее большинство переносчиков вирусов растений имеют колюще-сосущий или грызущий ротовой аппарат (Fereres, Rassah 2015). В Приморском крае наибольшее значение как вредитель сельскохозяйственных культур имеет картофельная коровка *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858 (Иванова 1961; Ермак и др. 2022; Ермак, Мацишина 2022). Ротовые органы грызущих насекомых часто являются источником распространения инфекции. Так, вирусы PVX (potato virus X), PVS (potato virus S), PVM (potato virus M) вместе с зараженным соком растения задерживаются на ротовых органах, переходят в пищеварительный канал насекомого и содержатся в его экскрементах, что повышает значимость вредителя как вектора вирусных инфекций. Особенно эффективными переносчиками являются личинки и молодые жуки двадцативосьмипятнистой картофельной коровки в силу своей мобильности и прожорливости (Ермак, Мацишина 2022). Однако до сих пор слабо изучена роль *Henosepilachna vigintioctomaculata* в переносе фитовирусов картофеля. Не ясен

механизм передачи PVY вируса (Лебедева и др. 1982), что и определило цели и задачи нашего исследования.

Материалы и методы

Исследование проведено в 2019–2022 гг. в Приморском крае. Имаго, яйцекладки, личинок и куколок *Henosepilachna vigintioctomaculata* собирали на опытном картофельном поле ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки» и прилегающих территориях (пос. Тимирязевский), в Чугуевском районе (с. Каменка), в Ханкайском районе (с. Рассказово) и в Уссурийском городском округе (с. Каменушка). Сбор насекомых осуществлялся стандартным энтомологическим методом в теплую и сухую погоду, с 10 ч утра до 12 ч дня, то есть, в наиболее активный период жизнедеятельности жуков и личинок. С целью сохранения материала сразу после отлова особи фиксировались в 70%-ном спирте. Конечности, головной отдел с ротовыми органами и извлечение кишечника проводили на неподсушенном материале. В ходе эксперимента проанализировано 55 особей картофельной коровки, из которых 25% особей были препарированы с целью отделения головы с ротовыми органами, конечностей, извлечения кишечника. Препарирование производилось по стандартным методикам (Солодовников 2012).

Все образцы были проанализированы на наличие или отсутствие вирусной инфекции методом RT-PCR. Тотальную РНК выделяли коммерческими наборами для выделения нуклеиновых кислот из растительного материала «ФитоСорб» (Синтол) с использованием магнитных частиц на автоматической станции выделения KingFisher DuoPrime (ThermoScientific). Эффективность выделения определяли методом электрофореза в 1%-ном агарозном геле, окрашенном бромистым этидием, с последующей визуализацией облучением ультрафиолетом в гель-документирующей системе GelDoc Go (BioRad). Наличие/отсутствие фитовирусов в пробах проводили



одношаговой ОТ-ПЦР с флуоресцентной детекцией в реальном времени в амплификаторе QuantStudio 5 (Applied Biosystems) с использованием коммерческих наборов серии «Фитоскрин» «Potato Virus X. Y. M. L. S. A – PV» (Синтол) предназначенных для выявления вирусов PVX, PVY, PVM, PLRV, PVS, PVA. Идентификация инфекций осуществляется наличием или отсутствием нарастания сигнала флуоресценции по каналу флуорофора специфического флуоресцентного зонда, нацеленного на выявление кДНК конкретного вируса в результате протекания ПЦР (Рязанцев, Завриев 2009; Рябушкина и др. 2012). Статистическую обработку данных проводили в программе Past v.4.03.

Результаты и обсуждения

Ранее мы провели исследования состава сорной флоры в агроэкосистеме картофельного поля и выявили, что из 43 видов сегетальных растений резерваторами вирусной инфекции картофеля являлись 18 видов. Определив локальных резерваторов фитовирусов в биоценозе, мы изучили видовой состав векторов. Среди насекомых, обитающих в агроэкосистеме картофельного поля, по нашим данным векторами вирусной инфекции являлись цикадки (*Cicadella* sp.), картофельная ко-

ровка (*Henosepilachna vigintioctomaculata*), ягодный клоп (*Dolycoris baccarum*), восточная луговая совка (*Mythimna separata*), луговой клоп (*Lygus pratensis*), черемухово-злаковая тля (*Rhopalosiphum padi*) (Собко и др. 2020). Так как *H. vigintioctomaculata* является основным вредителем картофеля (Иванова 1961; Ермак и др. 2022; Ермак, Мацшина 2022), на следующем этапе нашей работы встал вопрос о роли картофельной коровки в переносе фитовирусов картофеля. В ходе проведенного исследования в телах картофельных коровок, собранных в природных популяциях, нами были обнаружены вирус скручивания листьев картофеля (potato leaf roll virus, PLRV), вириод веретеновидности клубней картофеля (potato spindle tuber viroid, PSTVd), вирус картофеля S (PVS), вирус картофеля Y (PVY), вирус картофеля M (PVM), вирус картофеля X (PVX), а наличие вируса картофеля A (potato virus A, PVA) установлено не было. При этом количественно преобладали PVS и PVM (рис. 1).

Для определения локализации вирусов картофеля в теле *H. vigintioctomaculata* препарировали имаго и смотрели наличие и отсутствие фитовирусов в насекомом. Вирус PVY локализовался во всех частях тела имаго, кроме кишечника и ротовых органов. На ротовых органах и в кишеч-

Таблица 1
Распределение фитовирусов картофеля в разных частях тела имаго картофельной коровки

Table 1
Distribution of potato viruses in different parts of the imago potato ladybird body

Вирусы Viruses	Части тела имаго Body parts of imago							
	Целая Whole	Тело без ног A body without legs	Ноги Legs	Тело без головы A body without head	Голова Head	Тело без ног и головы A body without legs and head	Кишечник Intestine	Крылья и голова Elytra and head
PVY	+	+	+	+	-	+	-	+
PVX	+	+	+	+	-	-	-	+
PLRV	+	+	-	-	-	-	-	-
PVM	+	-	-	+	-	-	-	-
PVS	+	+	+	+	+	+	+	+
PVA	-	-	-	-	-	-	-	-
PSTVd	+	+	-	-	-	-	-	+

Примечание: «+» — вирус обнаружен; «-» — вирус не обнаружен.

Note: “+” — virus was detected; “-” — virus was not detected.

Таблица 2
Содержание фитовирусов картофеля в теле картофельной коровки на различных стадиях развития

Table 2
Content of potato phytoviruses in the body of potato bark at different stages of development

Стадия развития Stage	Вирусы Viruses						
	PLRV	PVM	PSTVd	PVS	PVA	PVY	PVX
Яйцекладка Egg mass	-	-	-	+	-	+	-
Личинка Larva	-	-	+/-	+	-	+	-
Куколка Pupa	-	-	-	+	-	+	-
Только что отродившееся имаго Newly emerged imago	-	-	-	-	-	+	-
Взрослая особь Adult beetle	+	+	+	+	-	+	+

Примечание: «+» — вирус обнаружен; «-» — вирус не обнаружен

Note: “+” — virus was detected; “-” — virus was not detected

нике картофельной коровки обнаружен только вирус картофеля S, что опровергает мнение Е. Г. Лебедевой о переносе вируса X с экскрементами (Лебедева и др. 1982). У лишенных ног имаго обнаружены все упомянутые вирусы, за исключением PVM и PVA, что указывает на механический путь распространения данных фитовирусов в экосистеме картофеля (табл. 1). Таким образом, нами выявлена локализация фитовирусов в теле картофельной коровки.

В процессе анализа онтогенетических стадий развития переносчика в яйцекладке картофельной коровки были выявлены PVY и PVS вирусы. В личинках так же обнаружили PVY и PVS вирусы, кроме того, отмечен слабopоложительный сигнал для PSTVd клубней картофеля, что объясняется отсутствием оздоровленного материала для корма и неравномерным распределением фитовирусов в популяции картофеля. В куколке картофельной коровки выявлены PVS и PVY вирусы, а у только что отродившегося имаго — только PVY вирус (табл. 2).

Таким образом, PVY вирус присутствует в теле картофельной коровки на протяжении всего жизненного цикла и может передаваться из поколения в поколение. Наши данные согласуются с работами А. Fereres и В. Rassah, которые установили, что вирусы, попавшие в личинок, могут сохраняться у имаго даже во втором и третьем поколении; таким образом, переносчики могут наследовать вирус в течение значительного периода времени (Fereres, Rassah 2015). Вирус PVS обнаружен на всех стадиях онтогенетического развития *Henosepilachna vigintioctomaculata*, кроме стадии куколки. Скорее всего, проходя через стадии онтогенетического развития насекомого, он разрушается в теле куколки, и имаго вылетает освобожденной от вируса. Это связано с тем, что PVS является не персистентным вирусом, он не может размножаться в теле насекомого (Yardımcı et al. 2015; Dietzgen et al. 2016). Насекомому, чтобы стать вектором, нужно питаться на больном растении. Характерная особенность куколок насекомых — это состояние

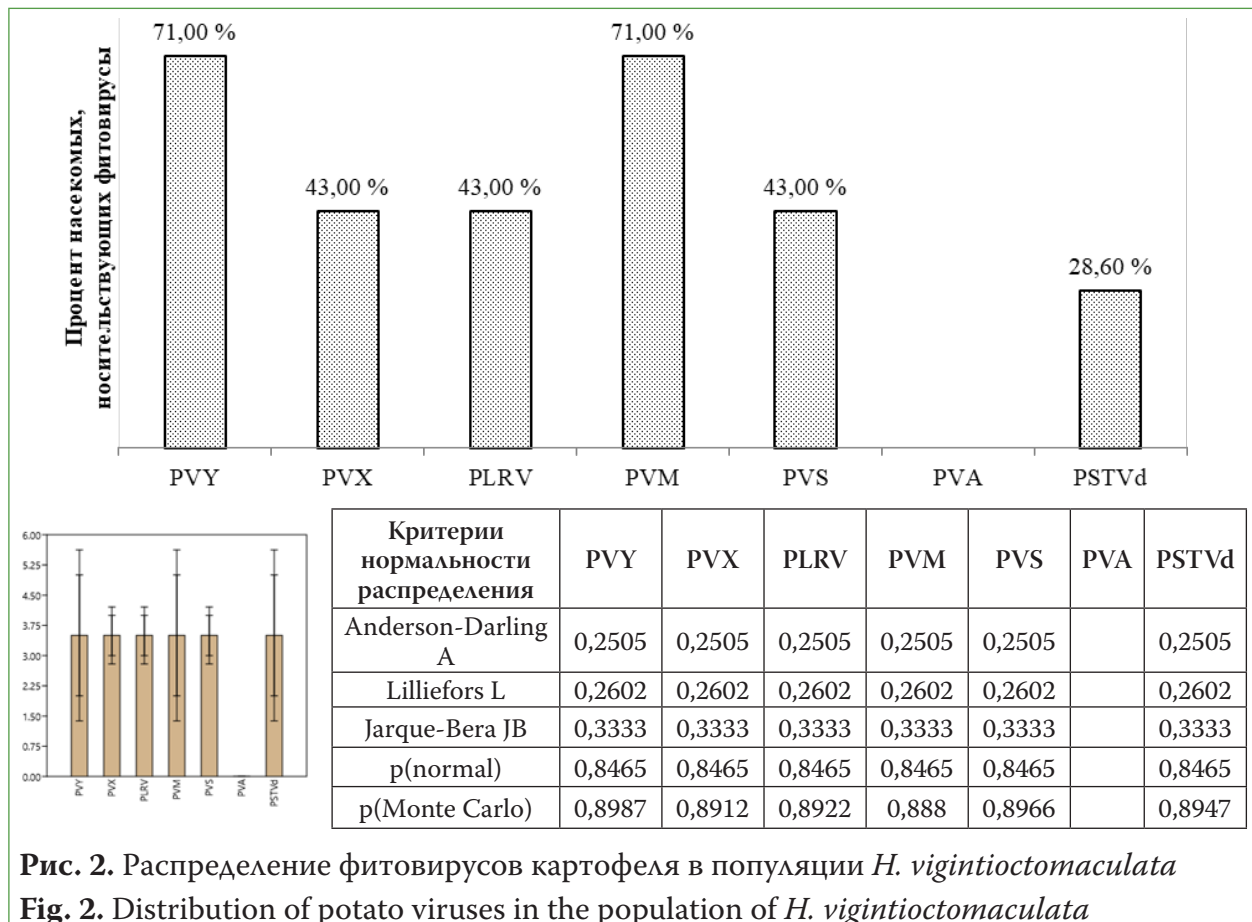


Рис. 2. Распределение фитовирусов картофеля в популяции *H. vigintioctomaculata*
Fig. 2. Distribution of potato viruses in the population of *H. vigintioctomaculata*

отсутствия акта питания. Нециркулирующие (неперсистентные) вирусы обратимо прикрепляются к кутикуле ротового аппарата насекомых, в стилетах или передней кишке их переносчиков (Blanc et al. 2014; Whitfield et al. 2014; Ng, Zhou 2015). У насекомых в фазе куколки происходит процесс гистолиза, то есть распад личиночных органов (Захваткин 2001). В результате этого мышцы пищеварительного канала, а также других личиночных органов под воздействием кровяных телец — гемоцитов и пищеварительных ферментов образуют кашицеобразную массу, состоящую из крови и продуктов распада (Бей-Биенко 2008), вследствие чего вирусные частицы не могут прикрепиться к кутикуле в местах локализации в теле насекомого, что приводит к прерыванию цепи передачи PVS на стадии куколки (Dietzgen et al. 2016; Hogenhout et al. 2008; Deshoux, et al. 2018).

Фитовирусы в популяции *Henosepilachna vigintioctomaculata* распределялись следующим образом: PVY и PVM — в 71, 00% случаях, PVX, PVS и PLRV — в 43,00%, PSTVd — в 28,60% случаях, а PVA обнаружен не был (рис. 2).

Исследования взаимодействия инвазивного растения, вируса и переносчика (вектора) приводят нас к пониманию роли вирусов в формировании экосистемы (Чунихин 1990). Поскольку вирусные инфекции, в том числе и вирусные болезни растений, относятся к природно-очаговым инфекциям (Коренберг, 2010), знание механизмов распространения вирусов в популяции насекомого-вектора позволяет проследить динамику распространения болезни в агроэкосистеме картофеля.

Литература

- Бей-Биенко, Г. Я. (2008) *Общая энтомология*. СПб.: Проспект науки, 486 с.
- Ермак, М. В., Мацишина, Н. В. (2022) Картофельная коровка *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.): систематика, морфология и её вредоносность (литературный обзор). *Овощи России*, № 6, с. 97–103. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-97-103>
- Ермак, М. В., Мацишина, Н. В., Фисенко, П. В. (2022) Двадцативосьмипятнистая картофельная коровка *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.) в Приморском крае: история вредителя (литературный обзор). *Овощи России*, № 5, с. 94–97. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-5-94-97>
- Захваткин, Ю. А. (2001) *Курс общей энтомологии*. М.: Колос, 376 с.
- Иванова, А. Н. (1961) Вредоносность картофельной коровки и эффективность мероприятий по борьбе с ней. В кн.: *Первая научно-практическая конференция Приморского сельскохозяйственного института*. Уссурийск: [б. и], с. 39–41.

Выводы

1. В теле картофельной коровки обнаружен вирус скручивания листьев картофеля (PLRV), вирион веретеновидности клубней картофеля (PSTVd), вирус картофеля S (PVS), вирус картофеля Y (PVY), вирус картофеля M (PVM), вирус картофеля X (PVX), а наличие вируса картофеля A (PVA) установлено не было. Наибольшее количество вирусов картофеля обнаружено в не-препарированных имаго (PLRV, PVY, PVX, PVS, PVM, PSTVd) и у имаго с ампутированными конечностями (PLRV, PVY, PVX, PVS, PSTVd).

2. Фитовирусы в выборке *Henosepilachna vigintioctomaculata* распределялись следующим образом: PVY и PVM — в 71% случаях, PVX, PVS и PLRV — в 43%, PSTVd — в 28,6% случаях, тогда как PVA обнаружен не был.

3. Установлено, что вирус PVY присутствует на протяжении всего жизненного цикла в теле насекомого и может передаваться из поколения в поколение. Полученные данные указывают, во-первых, на циркуляцию PVY в гемолимфе картофельной коровки, в т.ч. и в овариолах; во-вторых, на ошибочность предположения о косвенном заражении растений картофеля вирусом Y.

Финансирование

Исследование выполнено в рамках государственного задания FNGW-2022-0007.

Funding

The research was carried out within the framework of the State Task FNGW-2022-0007.

- Коренберг, Э. И. (2010) Природная очаговость инфекций: современные проблемы и перспективы исследований. *Зоологический журнал*, т. 89, № 1, с. 5–17.
- Лебедева, Е. Г., Дьяконов, К. П., Немилостива, Н. И. (1982) *Насекомые — переносчики вирусов растений на Дальнем Востоке*. Владивосток: Дальиздат, 195 с.
- Назаров, П. А., Балеев, Д. Н., Иванова, М. И. и др. (2020) Инфекционные болезни растений: этиология, современное состояние, проблемы и перспективы защиты растений. *Acta Naturae*, т. 12, № 3, с. 46–59. <https://doi.org/10.32607/actanaturae.11026>
- Рябушкина, Н. А., Омашева, М. Е., Галиакпаров, Н. Н. (2012) Специфика выделения ДНК из растительных объектов. *Биотехнология. Теория и практика*, № 2, с. 9–26.
- Рязанцев, Д. Ю., Завриев, С. К. (2009) Эффективный метод диагностики и идентификации вирусных патогенов картофеля. *Молекулярная биология*, т. 43, № 3, с. 558–567.
- Солодовников, И. А. (2012) *Основы таксидермии животных*. Витебск: [б. и], 110 с.
- Чунихин, С. П. (1990) Природная очаговость вирусных болезней и экология вирусов. *Паразитология*, т. 23, № 3, с. 185–192.
- Blanc, S., Drucker, M., Uzest, M. (2014) Localizing viruses in their insect vectors. *Annual Review Phytopathology*, vol. 52, pp. 403–425. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-102313-045920>
- Deshoux, M., Monsion, B., Uzest, M. (2018) Insect cuticular proteins and their role in transmission of phytoviruses. *Current Opinion in Virology*, no. 33, pp. 137–143. <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2018.07.015>
- Dietzgen, R. G., Mann, K. S., Johnson, K. N. (2016) Plant virus–insect vector interactions: Current and potential future research directions. *Viruses*, vol. 8, no. 11, article 303. <https://doi.org/10.3390/v8110303>
- Fereres, A., Raccach, B. (2015) *Plant virus transmission by insects*. In: *Encyclopedia of Life Sciences*. [S. l.]: John Wiley & Sons Publ., pp. 1–12. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0000760.pub3>
- Hogenhout, S. A., Ammar, E-D., Whitfield, A. E., Redinbaugh, M. G. (2008) Insect vector interactions with persistently transmitted viruses. *Annual Review Phytopathology*, vol. 46, pp. 327–359. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.022508.092135>
- Ng, J. C., Zhou, J. S. (2015) Insect vector–plant virus interactions associated with non-circulative, semi-persistent transmission: Current perspectives and future challenges. *Current Opinion in Virology*, vol. 15, pp. 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2015.07.006>
- Sarwar, M. (2020) Applied plant virology. In: L. P. Awasthi (ed.). *Insects as transport devices of plant viruses*. [S. l.]: Academic Press, pp. 381–402. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818654-1.00027-X>
- Sobko, O. A., Matsishina, N. V., Fisenko, P. V. et al. (2021) Viruses in the agrobiocenosis of the potato fields. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 677, article 52093. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052093>
- Sobko, O., Matsishina, N., Fisenko, P. et al. (2022) Phytoviruses in the potato field tripartite agroecosystem. In: A. Muratov, S. Ignateva (eds.). *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East. Agricultural Innovation Systems. Vol.1*. Ussuriysk: Springer Publ., pp. 434–442. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91402-8_49
- Yardımcı, N., Çulal Kılıç, H., Demir, Y. (2015) Detection of PVY, PVX, PVS, PVA, and PLRV on Different Potato Varieties in Turkey Using DAS-ELISA. *Journal of Agricultural Science and Technology*, vol. 17, no. 3, pp. 757–764.

References

- Bey-Bienko, G. Ya. (2008) *Obshchaya entomologiya [General entomology]*. Saint Petersburg: Prospect Nauki Publ., 486 p. (In Russian)
- Blanc, S., Drucker, M., Uzest, M. (2014) Localizing viruses in their insect vectors. *Annual Review Phytopathology*, vol. 52, pp. 403–425. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-102313-045920> (In English)
- Chunikhin, S. P. (1990) Prirodnyaya ochagovost' virusnykh boleznej i ekologiya virusov [Natural focuses of infections and viral ecology]. *Parazitologiya*, vol. 23, no. 3, pp. 185–192. (In Russian)
- Deshoux, M., Monsion, B., Uzest, M. (2018) Insect cuticular proteins and their role in transmission of phytoviruses. *Current Opinion in Virology*, no. 33, pp. 137–143. <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2018.07.015> (In English)
- Dietzgen, R. G., Mann, K. S., Johnson, K. N. (2016) Plant virus–insect vector interactions: Current and potential future research directions. *Viruses*, vol. 8, no. 11, article 303. <https://doi.org/10.3390/v8110303> (In English)
- Ermak, M. V., Matsishina, N. V. (2022) Kartofel'naya korovka *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.): sistematika, morfologiya i ee vredonosnost' (literaturnyj obzor) [The potato ladybird beetle *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.): classification, morphology and harmfulness (review)]. *Ovoshchi Rossii — Vegetable crops of Russia*, no. 6, pp. 97–103. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-97-103> (In Russian)

- Ermak, M. V., Matsishina, N. V., Fisenko, P. V. (2022) Dvadsativot' mipyatnistaya kartofel'naya korovka *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.) v Primorskom krae: istoriya vreditelya (literaturnyj obzor) [The 28-spotted potato ladybird beetle *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.) in Primorsky kray: the history of the pest (review)]. *Ovoshchi Rossii — Vegetable crops of Russia*, no. 5, pp. 94–97. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-5-94-97> (In Russian)
- Fereres, A., Raccach, B. (2015) *Plant virus transmission by insects*. In: *Encyclopedia of Life Sciences*. [S. l.]: John Wiley & Sons Publ., pp. 1–12. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0000760.pub3> (In English)
- Hogenhout, S. A., Ammar, E.-D., Whitfield, A. E., Redinbaugh, M. G. (2008) Insect vector interactions with persistently transmitted viruses. *Annual Review Phytopathology*, vol. 46, pp. 327–359. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.022508.092135> (In English)
- Ivanova, A. N. (1961) Vredonosnost' kartofel'noj korovki i effektivnost' meropriyatij po bor'be s nej [Harmfulness of the potato ladybird beetle and the effectiveness of pest control against it]. In: *Pervaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya Primorskogo sel'sko-khozyajstvennogo instituta [The first scientific and practical conference of the Primorsky Agricultural Institute]*. Ussuriysk: [s. n.], pp. 39–41. (In Russian)
- Korenberg, E. I. (2010) Prirodnaya ochagovost' infektsii: sovremennye problemy i perspektivy issledovanij [Natural focality of infections: Current problems and prospects of investigations]. *Zoologicheskij zhurnal*, vol. 89, no. 1, pp. 5–17. (In Russian)
- Lebedeva, E. G., D'yakonov, K. P., Nemilostiva, N. I. (1982) *Nasekomye — perenoschiki virusov rastenij na Dal'nem Vostoke [Insect vectors of plant viruses in the Russian Far East]*. Vladivostok: Dal'izdat, 195 p. (In Russian)
- Nazarov, P. A., Baleev, D. N., Ivanova, M. I. et al. (2020) Infektsionnye bolezni rastenij: etiologiya, sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy zashchity rastenij [Infectious plant diseases: Etiology, current status, problems and prospects in plant protection]. *Acta Naturae*, vol. 12, no. 3, pp. 46–59. <https://doi.org/10.32607/actanaturae.11026> (In Russian)
- Ng, J. C., Zhou, J. S. (2015) Insect vector–plant virus interactions associated with non-circulative, semi-persistent transmission: Current perspectives and future challenges. *Current Opinion in Virology*, vol. 15, pp. 48–55. <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2015.07.006> (In English)
- Ryabushkina, N. A., Omasheva, M. E., Galiakparov, N. N. (2012) Spetsifika vydeleniya DNK iz rastitel'nykh objektov [Specifics of DNA isolation from plant objects]. *Biotekhnologiya. Teoriya i praktika*, no. 2, pp. 9–26. (In Russian)
- Ryazantsev, D. Yu., Zavier, S. K. (2009) Effektivnyj metod diagnostiki i identifikatsii virusnykh patogenov kartofelya [An efficient diagnostic method for the identification of potato viral pathogens]. *Molekulyarnaya biologiya — Molecular Biology*, vol. 43, no. 3, pp. 558–567. (In Russian)
- Sarwar, M. (2020) Applied plant virology. In: L. P. Awasthi (ed.). *Insects as transport devices of plant viruses*. [S. l.]: Academic Press, pp. 381–402. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818654-1.00027-X> (In English)
- Sobko, O. A., Matsishina, N. V., Fisenko, P. V. et al. (2021) Viruses in the agrobiocenosis of the potato fields. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 677, article 52093. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052093> (In English)
- Sobko, O., Matsishina, N., Fisenko, P. et al. (2022) Phytoviruses in the potato field tripartite agroecosystem. In: A. Muratov, S. Ignateva (eds.). *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East. Agricultural Innovation Systems. Vol.1*. Ussuriysk: Springer Publ., pp. 434–442. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91402-8_49 (In English)
- Solodovnikov, I. A. (2012) *Osnovy taksidermii zhivotnykh [The basics of taxidermy]*. Vitebsk: [s. n.], 110 p. (In Russian)
- Yardımcı, N., Çulal Kılıç, H., Demir, Y. (2015) Detection of PVY, PVX, PVS, PVA, and PLRV on Different Potato Varieties in Turkey Using DAS-ELISA. *Journal of Agricultural Science and Technology*, vol. 17, no. 3, pp. 757–764. (In English)
- Zakhvatkin, Yu. A. (2001) *Kurs obshchej entomologii [Course of general entomology]*. Moscow: Kolos Publ., 376 p. (In Russian)

Для цитирования: Собко, О. А., Маццишина, Н. В. (2023) Роль *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858 (Coleoptera: Coccinellidae) в переносе фитовирусов картофеля. *Амурский зоологический журнал*, т. XV, № 4, с. 772–780. <https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2023-15-4-772-780>

Получена 19 июля 2023; прошла рецензирование 19 сентября 2023; принята 11 ноября 2023.

For citation: Sobko, O. A., Matsishina, N. V. (2023) Role of *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858 (Coleoptera: Coccinellidae) in the transmission of potato viruses. *Amurian Zoological Journal*, vol. XV, no. 4, pp. 772–780. <https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2023-15-4-772-780>

Received 19 July 2023; reviewed 19 September 2023; accepted 11 November 2023.