



Check for updates

<https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2024-16-1-136-145><http://zoobank.org/References/725B96AE-3991-49C5-9015-37D70B14CF01>

УДК 632.76:595.763.79:635.21

К вопросу о векторных свойствах картофельной коровки *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.) (Coleoptera, Coccinellidae) в системе «насекомое-фитофаг — патоген растения — растение»

О. А. Собко, М. В. Ермак, Н. В. Мацишина✉, П. В. Фисенко

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

Сведения об авторах

Собко Ольга Абдулалиевна

E-mail: o.yvazova@gmail.com

SPIN-код: 8082-5318

Scopus Author ID: 57218617568

ORCID: 0000-0002-4383-3390

Ермак Марина Владимировна

E-mail: ermackmarine@yandex.ru

SPIN-код: 1508-8155

Scopus Author ID: 57488489200

ORCID: 0000-0002-3727-8634

Мацишина Наталия Валериевна

E-mail: mnathalie134@gmail.com

SPIN-код: 7734-6656

Scopus Author ID: 57218616526

ORCID: 0000-0002-0165-1716

Фисенко Пётр Викторович

E-mail: phisenko@bk.ru

SPIN-код: 9916-1382

Scopus Author ID: 26532574300

ORCID: 0000-0003-1727-4641

Аннотация. В результате исследования на поверхностях тела и в физиологических жидкостях *H. vigintioctomaculata* были обнаружены микроконидии и макроконидии грибов рода *Fusarium*. На челюстях насекомых наблюдалось большое количество гиф, много микроконидий, небольшое количество макроконидий (0.4–0.9%); в экскрементах — гифы и микроконидии; на ногах — гифы, микроконидии и до 20% макроконидий. Отрыжка содержала 4.6% микроконидий и до 95.4% макроконидий. Самое большое количество макроконидий (30%) с одной, тремя и четырьмя перетяжками наблюдалось в кишечнике. Установлено, что конидии *Fusarium* spp. сохраняют контагиозность после прохождения пищеварительного тракта картофельной коровки. Максимальный балл повреждения на 14-е сутки после заражения наблюдался на растениях, зараженных содержимым отрыжки и кишечника (96 и 90% развития болезни соответственно), наименьший — для инфицированных содержимым экскрементов (64% развития болезни). Полученные данные свидетельствуют о возможности распространения фузарий в агробиоценозе картофельного поля посредством питания и миграции *H. vigintioctomaculata*

Права: © Авторы (2024). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY-NC 4.0.

Ключевые слова: *Fusarium* spp., *Henosepilachna vigintioctomaculata*, фитофаг, фитопатоген, картофель

On the vector characteristics of the potato ladybird beetle *Henosepilachna Vigintioctomaculata* (Motsch.) (Coleoptera, Coccinellidae) in the system “phytophagous insect – plant pathogen – plant”

O. A. Sobko, M. V. Ermak, N. V. Matsishina✉, P. V. Fisenko

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

Authors

Olga A. Sobko

E-mail: o.eyvazova@gmail.com

SPIN: 8082-5318

Scopus Author ID: 57218617568

ORCID: 0000-0002-4383-3390

Marina V. Ermak

E-mail: ermackmarine@yandex.ru

SPIN: 1508-8155

Scopus Author ID: 57488489200

ORCID: 0000-0002-3727-8634

Nataliya V. Matsishina

E-mail: mnathalie134@gmail.com

SPIN: 7734-6656

Scopus Author ID: 57218616526

ORCID: 0000-0002-0165-1716

Petr V. Fisenko

E-mail: phisenko@bk.ru

SPIN: 9916-1382

Scopus Author ID: 26532574300

ORCID: 0000-0003-1727-4641

Copyright: © The Authors (2024).

Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under CC BY-NC License 4.0.

Abstract. The research discovered micro- and macroconidia of fungus species from the genus *Fusarium* on the body surface and in the physiological fluids of *H. vigintioctomaculata*. There were a high number of hyphae and microconidia and a small number of macroconidia (0.4–0.9%) on the mouthparts of the studied insects. Hyphae and microconidia were numerous in the excrements. Hyphae, microconidia, and macroconidia (up to 20%) were found on the legs. The regurgitated food contained 4.6% microconidia and up to 95.4% macroconidia. The highest number of macroconidia (30%) with three to four constrictions was found in the intestines. It was established that the conidia of *Fusarium* spp. remained contagious after passing the alimentary canal of the potato ladybird beetle. The maximum degree of damage was observed on the plants infected with the regurgitated food and the contents of the intestines on the 14th day after the infection (a 96 and 90% disease progression rate respectively). The lowest degree of damage was noted on the plants infected with the excrements (a 64% disease progression rate). The obtained data confirmed that *Fusarium* spp. could be dispersed through feeding and migration of *H. vigintioctomaculata* in the agroecosystems of potato fields.

Keywords: *Fusarium* spp., *H. vigintioctomaculata*, phytophagous insect, plant pathogen, potato

Введение

Динамические процессы, протекающие в агробиоценозах под влиянием интенсификации антропогенного воздействия, приводят к трансформации структурно-функциональной организации экосистем. На фоне общего обеднения биоразнообразия биологических сообществ в агробиоценозах отмечается повышение численности и вредоносности ряда фитофагов и фитопатогенов, развитие эпифитотий, что приводит к резкому ухудшению фитосанитарного состояния посевов и посадок сельскохозяйственных культур (Арнольди, Арнольди 1963; Павлюшин и др. 2016). Насекомые-фитофаги наносят ущерб мировому сельскохозяйственному производству, потери урожая составляют до 18%

(Godfray, Garnett 2014), при этом вредителями считаются менее 0.5% от общего числа известных видов насекомых (Sandhu et al. 2015). Для обеспечения стабильных урожаев необходимо пересмотреть роль насекомых в сельскохозяйственных экосистемах (Daily 1997; Pywell et al. 2015). Насекомые играют ключевую роль в различных процессах, таких как круговорот питательных веществ, распространение семян, биотурбация (Fincher et al. 1981; de Groot et al. 2002; Nichols et al. 2008), опыление (Gabriel, Tschardt 2006; Slade 2016), перенос фитовирусов и фитопатогенов (Курдюкова, Курдюков 2021; Sobko et al. 2021), в том числе грибов рода *Fusarium* Link (Berasategui et al. 2023). *Fusarium* spp. образуют микотоксины в зараженных растениях, и, если эти растения участвуют в пищевой цепи,

они могут вызывать интоксикацию людей и животных, известную как микотоксинозы (Lević et al. 2009). Источниками инфекции являются растительные остатки, зараженная почва, части растений, на которых гриб присутствует в виде плодовых тел или мицелия (Ryabova et al. 2021). Для развития грибов необходимыми условиями являются ослабление иммунитета растений и чередование влажных и засушливых периодов при высокой температуре (Замалиева и др. 2015). Некоторые виды насекомых могут переносить грибные патогены, вызывая инфекцию растений при кормлении и откладывании яиц (Friedli, Bacher 2001; Yamoah 2007). Взаимодействия «насекомое — патоген — растение» широко не изучались, и на сегодняшний день недостаточно работ, показывающих механизмы и пути переноса насекомыми-фитофагами грибных болезней растений (Yamoah 2007; Yamoah et al. 2008). Классическим примером является перенос долгоносиком *Ceratopion onopordi* (Kirby) (Coleoptera: Arionidae) на чертополох полевой *Cirsium arvense* (L.) Scop. ржавчинного гриба *Puccinia punctiformis* (Str.) Rohl (Friedli, Bacher 2001). *Ceratopion onopordi*, питаясь и откладывая яйца на *Cirsium arvense*, способствует проникновению *Puccinia punctiformis* и развитию инфекции (Yamoah et al. 2011). Другие примеры передачи патогенов насекомыми — распространение взрослым грибным комариком (*Bradysia* sp.) спор *Fusarium oxysporum* и перенос от больных растений к здоровым спорыньи сорго *Claviceps africana* американской кукурузной совкой *Helicoverpa zea* (Gillespie, Menzies 1993; Prom et al. 2003).

В Приморском крае наибольшее значение как консумент в агроэкосистемах имеет картофельная коровка *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motschulsky, 1857). Коровка питается и размножается в массе на картофеле, обладает способностью к довольно значительным перелетам, рано появляется в посадках и поэтому может быть активным переносчиком вирусов (Курдюкова, Курдюков 2021). Помимо картофеля,

коровка повреждает культурные растения из семейств пасленовые (*Solanaceae*), тыквенные (*Cucurbitaceae*) и бобовые (*Fabaceae*), а также многие сорные растения. Кроме того, *H. vigintioctomaculata* — это вектор вирусной инфекции картофеля (Sobko et al. 2021). Особо эффективными переносчиками фитовирусов являются личинки и молодые жуки. Ротовые органы грызущих насекомых часто инфицированы. Вирус вместе с зараженным соком растения задерживается на челюстях, переходит в пищеварительный канал насекомого и содержится в его экскрементах, что повышает значимость вредителя как вектора вирусных инфекций (Bernays 2009; Рогатных, Аистова 2014). Однако в агроэкосистеме картофеля помимо вирусов присутствуют также фитопатогенные грибы и оомицеты, для которых неизвестно, переносятся ли они чисто механическим путем на покровах тела насекомого, или же патогены попадают в кишечник (Сидоров 2007). В настоящем исследовании мы изучили возможные пути переноса грибов рода *Fusarium* на картофель коровкой *H. vigintioctomaculata*.

Материалы и методы

Эксперимент проводился в 2019–2022 гг. в ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки» в пос. Тимирязевский Приморского края.

Насекомых собирали на экспериментальных полях отдела картофелеводства и овощеводства. Содержимое кишечника, отрывки, экскрементов, смывы с ног изучались методом микроскопирования при помощи сканера клеток ZOE Fluorescent Cell Imager (Biorad, США). Кроме того, отрывки и экскременты собирались стерильным ватным тампоном с поверхности стеклянных емкостей, в которых содержались насекомые, с последующим пересевом на овсяно-сахарозный агар для подтверждения правильности идентификации патогена. С целью доказательства сохранения вирулентности патогенов после прохождения через пищеварительную систему фитофа-

га содержимое отрыжки, экскрементов и кишечника наносили методом штриховки стерильной препаровальной иглой на листья и корневую шейку оздоровленных *in vitro* растений картофеля сорта Смак. Учет поражения и развития болезни проводили на 3, 7 и 14-е сутки. Поражение оценивалось в баллах по шестибальной шкале (Yikilmazsoy, Tosun 2021). Общая выборка насекомых насчитывала 950 особей, выборка растений — 25 шт.

Статистическую обработку проводили в программе Pastv. 3.17, рассчитывали среднее квадратичное отклонение (Mean ± SD) (Hammer et al. 2001; Ивантер, Коросов 2011).

Результаты и обсуждения

В результате исследования на поверхностях тела и в физиологических жидкостях *H. vigintioctomaculata* были обнаружены микроконидии и макроконидии грибов рода *Fusarium* (табл. 1).

Наибольшее число конидий (2379) обнаружено в экскрементах насекомых, наименьшее — на ногах и в отрыжке.

На челюстях насекомых наблюдалось большое количество гиф, много микроконидий, небольшое количество макроконидий (0.4–0.9%); в экскрементах — гифы и микроконидии; на ногах — гифы, микроконидии и до 20% макроконидий. Отрыжка содержала 4.6% микроконидий и до 95.4% макроконидий. Самое большое количество

макроконидий (30%) с одной, тремя и четырьмя перетяжками наблюдалось в кишечнике (рис. 1, 2).

Есть два фактора, которые могут препятствовать успешному переносу спор насекомыми к здоровому растению. Во-первых, это относительно крупные размеры конидий *Fusarium* spp., которые могут ограничивать число насекомых-векторов (Berasategui et al. 2023). Поэтому интерес представляют размер и количество макро- и микроконидий, естественным образом переносимых потенциальными насекомыми-переносчиками. Во-вторых, грибы рода *Fusarium* продуцируют микотоксины, которые могут нанести вред некоторым видам насекомых (Ismail, Papenbrock, 2015). Следовательно, насекомые, являющиеся носителями *Fusarium* spp., лучше адаптированы к переносу этого патогена (Yamoah 2007).

В эксперименте по изучению сохранения вирулентности было установлено, что конидии *Fusarium* spp. сохраняют контактиозность после прохождения пищеварительного тракта картофельной коровки. Максимальный балл повреждения на 14-е сутки после заражения наблюдался на растениях, зараженных содержимым отрыжки и кишечника (96 и 90% развития болезни соответственно), наименьший — для инфицированных содержимым экскрементов (64% развития болезни) (табл. 2).

Таблица 1
Количество конидий *Fusarium* spp. на ногах, челюстях и в физиологических жидкостях *Henosepilachna vigintioctomaculata*

Table 1
Number of conidia of *Fusarium* spp. on legs, jaws, and in physiological fluids of *Henosepilachna vigintioctomaculata*

	Содержимое кишечника (A) Intestinal contents (A)	Челюсти (B) Jaws (B)	Ноги (C) Legs (C)	Экскременты (D) Excrements (D)	Отрыжка (E) Belching (E)
Максимальное Maximum	7735	3165	380	2379	194
± SD	249.55	325.3	10.2	346.2	1264.7
C (v)	0.396	0.323	0.712	0.396	6.622

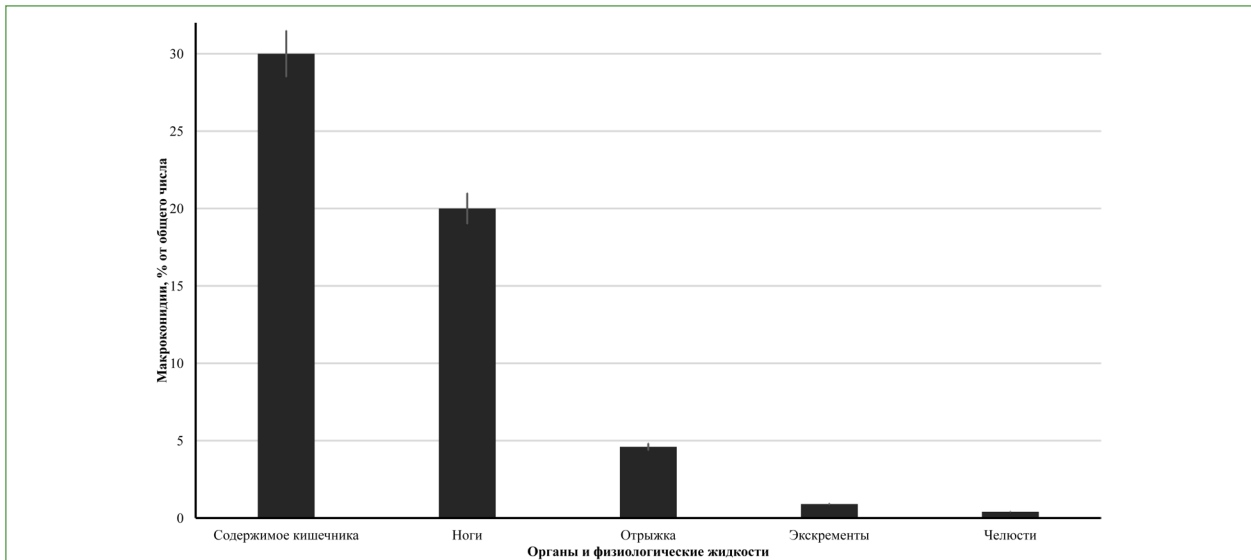


Рис. 1. Количество макроконидий грибов рода *Fusarium* (% от общего числа элементов морфологии) на органах и в физиологических жидкостях картофельной коровки

Fig. 1. Number of macroconidia of fungus species from the genus *Fusarium* (% of the total number of morphological elements) on organs and in physiological fluids of the potato ladybird beetle

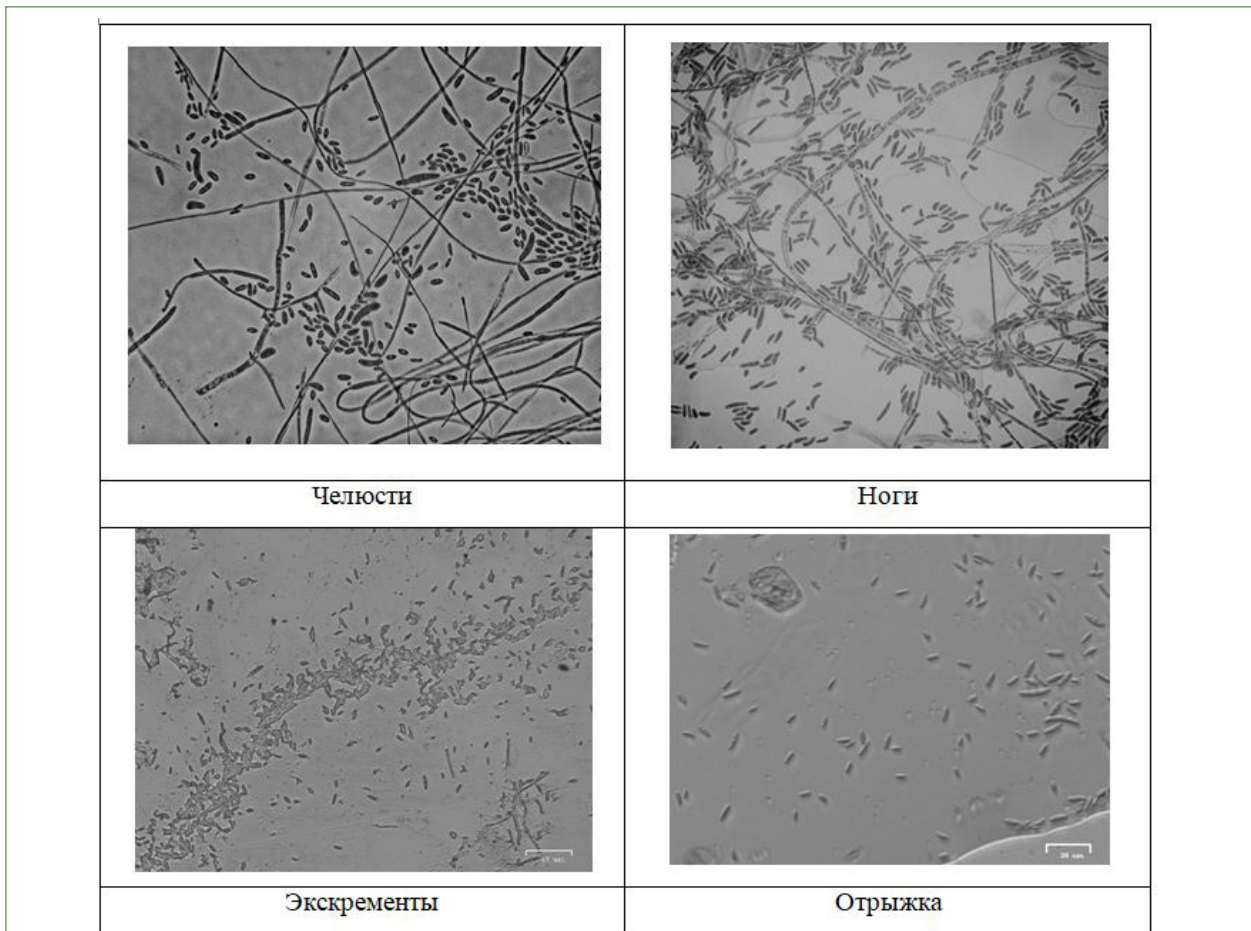


Рис. 2. Конидии и гифы *Fusarium* spp. на органах и в физиологических жидкостях картофельной коровки (ZOE, Biorad)

Fig. 2. The conidia and hyphae of *Fusarium* spp. on organs and in physiological fluids of the potato ladybird beetle (ZOE, Biorad)

Таблица 2

Балл поражения и развитие фузариоза на растениях сорта Смак на 14-е сутки после заражения физиологическими жидкостями картофельной коровки

Table 2

The degree of damage and progression of *Fusarium* blight on the studied plants of Смак potato variety on the 14th day after the infection the physiological fluids of the potato ladybird beetle

Наименование физиологической жидкости Type of physiological fluid	Развитие болезни, % Disease development, %	Балл поражения Infection score
Отрыжка \ Belching	96	4.8
Экскременты Excrements	64	3.2
Содержимое кишечника Intestinal contents	90	4.5
±SE	9.820613	0.4910307
±SD	17.0098	0.8504901
Shapiro-Wilk (W)	0.8848	0.8848

Ооспоры и мицелий фитопатогенных грибов сохраняют жизнеспособность после прохождения через пищеварительный тракт личинок насекомых, а затем могут передаваться здоровым растениям (Willsey et al. 2017). Конидии и гифы попадают на раневые поверхности, образующиеся в результате питания фитофагов, что способствует распространению болезни на здоровые растения и формированию очага эпифитотии (Willsey et al. 2017). Однако для картофельной коровки (*H. vigintioctomaculata*) данные о переносе ею грибных и псевдогрибных инфекций отсутствуют. Нет аналогичных данных и для близкого вида *H. vigintioctopunctata*. Между тем изучение векторных свойств *H. vigintioctomaculata* в трехчленной трофической системе «вектор — патоген — кормовое растение» важно как для понимания механизмов распространения фитопатогенных грибов, так и для исследования процессов, протекающих в агроэкосистемах. Существует мнение, что передача грибных и псевдогрибных патогенов насекомыми обычно носит случайный характер, что отличает данный путь заражения от вирусного и фитоплазматического, в которых формируются специфические взаимоотношения с насекомыми-переносчиками (Berasategui 2023). Но

в отличие от вирусных инфекций, которые могут протекать латентно, грибные патогены, в частности представители рода *Fusarium*, провоцируют так называемое трахеомикозное увядание, что приводит к потере до 40% урожая (Замалиев и др. 2015). В сочетании с повреждениями картофельной коровкой, которая, по данным Т. К. Коваленко, способна уничтожить до 80–100% листовой поверхности растений, это чревато развитием эпифитотий (Коваленко 2018). Согласно концепции агроэкосистем В. А. Павлюшина с соавторами, картофельная коровка является супердоминантным вредителем, что делает ее одним из самых эффективных переносчиков грибных, псевдогрибных и вирусных заболеваний (Павлюшин и др. 2016). Сведения о переносе картофельной коровкой грибов рода *Fusarium* расширяют представления о механизмах взаимоотношений в трофических системах агроценозов, позволяют более эффективно прогнозировать распространение патогенов и развитие эпифитотий, а также оптимизировать меры борьбы как с картофельной коровкой, так и с фузариозом.

Выводы

В результате изучения векторных свойств *H. vigintioctomaculata* в трехчлен-

ной трофической системе «вектор — патоген — кормовое растение» установлено, что при питании фитофага на растениях, больных фузариозом, вегетативные и генеративные органы патогена способны накапливаться на покровах и сохранять свою контагиозность после прохождения пищеварительного тракта фитофага. Полученные данные свидетельствуют о возможности распространения фузарий в агробиоценозе картофельного поля посред-

ством питания и миграции картофельной коровки.

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.

Литература

- Арнольди, К. В., Арнольди, Л. В. (1963) О биоценозе как одном из основных понятий экологии, его структуре и объеме. *Зоологический журнал*, т. 42, № 2, с. 161–183.
- Замалиева, Ф. Ф., Зайцева, Т. В., Рыжих, Л. Ю., Салихова, З. З. (2015) Фузариозное увядание картофеля и рекомендации по защите. *Защита картофеля*, № 2, с. 3–9.
- Ивантер, Э. В., Коросов, А. В. (2011) *Введение в количественную биологию*. Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского государственного университета, 302 с.
- Коваленко, Т. К. (2018) Эффективность применения инсектицидов для защиты картофеля от вредителей в Приморском крае. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*, т. 48, № 4, с. 14–19. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2018-4-2>
- Курдюкова, Е. А., Курдюков, А. Б. (2021) Влияние экологических факторов на фенологию и численность популяции двадцативосьмипятнистой коровки *Henosepilachna vigintioctomaculata* в условиях Приморского края. *Амурский зоологический журнал*, т. 13, № 4, с. 438–459. <https://doi.org/10.33910/2686-9519-2021-13-4-438-459>
- Павлюшин, В. А., Вилкова, Н. А., Сухорученко, Г. И., Нефедова, Л. И. (2016) Функционирование агробиоценозов и типы их отклика на антропогенные воздействия. *Вестник защиты растений*, т. 4, № 90, с. 5–18.
- Рогатных, Д. Ю., Аистова, Е. В. (2014) Взаимосвязи насекомых-вредителей и сорных растений в агроценозах картофеля в Амурской области. *Вестник КрасГАУ*, № 7, с. 79–84.
- Сидоров, В. А. (2007) К вопросу о роли насекомых в распространении бактериоза березы. *Актуальные проблемы лесного комплекса*, № 17, с. 234–236.
- Altieri, M. A. (1999) The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 74, no. 1–3, pp. 19–31. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00028-6)
- Altieri, M. A. (2002) Agroecology: The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 93, no. 1–3, pp. 1–24. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00085-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00085-3)
- Berasategui, A., Jagdale, S., Salem, H. (2023) *Fusarium* phytopathogens as insect mutualists. *PLoS Pathog*, vol. 19, no. 7, article e1011497. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1011497>
- Bernays, E. A. (2009) Phytophagous insects. In: V. H. Resh, R. T. Cardé (eds.). *Encyclopedia of Insects*. 2nd ed. San Diego: Academic Press, pp. 798–800.
- Daily, G. C. (1997) What are ecosystem services. In: G. C. Daily (ed.). *Natures services: Societal dependence on natural ecosystems*. Washington: Island Press, pp. 1–10.
- Fincher, G. T., Monson, W. G., Burton, G. W. (1981) Effects of cattle faeces rapidly buried by dung beetles on yield and quality of coastal bermudagrass. *Agronomy Journal*, no. 73, pp. 775–779.
- Friedli, J., Bacher, S. (2001) Direct and indirect effects of a shoot-base boring weevil and plant competition on the performance of creeping thistle, *Cirsium arvense*. *Biological Control*, vol. 22, no. 3, pp. 219–226. <https://doi.org/10.1006/bcon.2001.0971>
- De Groot, R. S., Wilson, M. A., Boumans, R. M. J. (2002) A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, vol. 41, no. 3, pp. 393–408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
- Gabriel, D., Tscharrntke, T. (2006) Insect pollinated plants benefit from organic farming. *Agriculture Ecosystems and Environment*, vol. 118, no. 1–4, pp. 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.04.005>
- Gillespie, D. R., Menzies, J. G. (1993) Fungus gnats vector *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicislycopersici*. *Annals of Applied Biology*, vol. 123, no. 3, pp. 539–544.

- Godfray, H. C. J., Garnett, T. (2014) Food security and sustainable intensification. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 369, no. 1639, article 20120273. PMID: 24535385
- Hammer, O., Harper, D. A. T., Ryan, P. D. (2001) PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, vol. 4, no. 1, article 4.
- Ismail, A. A., Papenbrock, J. (2015) Mycotoxins: Producing fungi and mechanisms of phytotoxicity. *Agriculture*, vol. 5, no. 3, pp. 492–537. <https://doi.org/10.3390/agriculture5030492>
- Lević, J. T., Stanković, S. Ž., Krnjaja, V. S., Bočarov-Stančić, A. S. (2009) Fusarium species: The occurrence and the importance in agriculture of Serbia. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*, no. 116, pp. 33–48. <https://doi.org/10.2298/ZMSPN0916033L>
- Nichols, E., Spector, S., Louzada, J. et al. (2008) Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, vol. 141, no. 6, pp. 1461–1474. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.011>
- Prom, L. K., Lopez, Jr. J. D., Lathief, M. A. (2003) Transmission of *Claviceps africana* spores from diseased to non-infected sorghum by corn earthworm moths, *Helicoverpa zea*. *Journal of Sustainable Agriculture*, vol. 21, no. 4, pp. 49–58.
- Pywell, R. F., Heard, M. S., Woodcock, B. A. et al. (2015) Wildlife-friendly farming increases crop yield: Evidence for ecological intensification. *Proceedings of the Royal Society B*, vol. 282, no. 1816, article 20151740.
- Risch, S. J., Andow, D. A., Altieri, M. A. (1983) Agroecosystem diversity and pest control: Data, tentative conclusions, and new research directions. *Environmental Entomology*, vol. 12, no. 3, pp. 625–629. <https://doi.org/10.1093/EE/12.3.625>
- Ryabova, N., Tupolskikh, T., Serdyuk, V., Gordeeva, N. (2021) Analysis of infection with fungi of the genus *Fusarium* seed and vegetative organs of crops. *E3S Web of Conferences*, vol. 273, article 01019. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127301019>
- Sandhu, H., Wratten, S. D., Costanza, R. et al. (2015) Significance and value of non-traded ecosystem services on farmland. *Peer Journal*, vol. 3, article e762. <https://doi.org/10.7717/peerj.762>
- Slade, E. M., Riutta, T., Roslin, T., Tuomisto, H. L. (2016) The role of dung beetles in reducing greenhouse gas emissions from cattle farming. *Scientific Reports*, vol. 6, article 18140. <https://doi.org/10.1038/srep18140>
- 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 052093. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052093>
- Yamoah, E. (2007) Transmission of *Fusarium tumidum* by four insect species of gorse. Ch. 5. In: E. Yamoah (ed.). *A model system using insects to vector Fusarium tumidum for biological control of gorse (Ulex europaeus)*. [Online]. Available at: <https://researcharchive.lincoln.ac.nz/server/api/core/bitstreams/5326a036-f747-4fda-b101-273c3a33081b/content> (accessed 09.01.2024).
- Yamoah, E., Jones, E. E., Weld, R. J. et al. (2008) Microbial population and diversity on the exoskeletons of four insect species associated with gorse (*Ulex europaeus* L.). *Australian Journal of Entomology*, vol. 47, no. 4, pp. 370–379.
- Yikilmazsoy, G., Tosun, N. (2021) Characterization of *Fusarium sambucinum* isolates associated with potato dry rot and evaluation of cultivar susceptibility and fungicides. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, vol. 45, no. 2, pp. 222–233.
- Willsey, T., Chatterton, S., Cárcamo, H. (2017) Interactions of root-feeding insects with fungal and oomycete plant pathogens. *Front Plant Science*, no. 8, article 1764. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01764>

References

- Altieri, M. A. (1999) The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 74, no. 1–3, pp. 19–31. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00028-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00028-6) (In English)
- Altieri, M. A. (2002) Agroecology: The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 93, no. 1–3, pp. 1–24. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00085-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00085-3) (In English)
- Arnol'di, K. V., Arnol'di, L. V. (1963) О биотсонозе как одном из основных понятий экологии, его структуре и об'еме [About biocoenosis as one of the basic concepts in ecology, its structure and scope]. *Zoologicheskij zhurnal — Zoological Journal*, vol. 42, no. 2, pp. 161–183. (In Russian)
- Berasategui, A., Jagdale, S., Salem, H. (2023) *Fusarium* phytopathogens as insect mutualists. *PLoS Pathog*, vol. 19, no. 7, article e1011497. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1011497> (In English)

- Bernays, E. A. (2009) Phytophagous insects. In: V. H. Resh, R. T. Cardé (eds). *Encyclopedia of Insects*. 2nd ed. San Diego: Academic Press, pp. 798–800. (In English)
- Daily, G. C. (1997) What are ecosystem services. In: G. C. Daily (ed.). *Natures services: Societal dependence on natural ecosystems*. Washington: Island Press, pp. 1–10. (In English)
- De Groot, R. S., Wilson, M. A., Boumans, R. M. J. (2002) A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, vol. 41, no. 3, pp. 393–408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7) (In English)
- Fincher, G. T., Monson, W. G., Burton, G. W. (1981) Effects of cattle faeces rapidly buried by dung beetles on yield and quality of coastal bermudagrass. *Agronomy Journal*, no. 73, pp. 775–779. (In English)
- Friedli, J., Bacher, S. (2001) Direct and indirect effects of a shoot-base boring weevil and plant competition on the performance of creeping thistle, *Cirsium arvense*. *Biological Control*, vol. 22, no. 3, pp. 219–226. <https://doi.org/10.1006/bcon.2001.0971> (In English)
- Gabriel, D., Tschardtke, T. (2006) Insect pollinated plants benefit from organic farming. *Agriculture Ecosystems and Environment*, vol. 118, no. 1–4, pp. 43–48. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.04.005> (In English)
- Gillespie, D. R., Menzies, J. G. (1993) Fungus gnats vector *Fusarium oxysporum f. sp. radicislycopersici*. *Annals of Applied Biology*, vol. 123, no. 3, pp. 539–544. (In English)
- Godfray, H. C. J., Garnett, T. (2014) Food security and sustainable intensification. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 369, no. 1639, article 20120273. PMID: 24535385 (In English)
- Hammer, O., Harper, D. A. T., Ryan, P. D. (2001) PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, vol. 4, no. 1, article 4. (In English)
- Ismail, A. A., Papenbrock, J. (2015) Mycotoxins: Producing fungi and mechanisms of phytotoxicity. *Agriculture*, vol. 5, no. 3, pp. 492–537. <https://doi.org/10.3390/agriculture5030492> (In English)
- Ivanter, E. V., Korosov, A. V. (2011) *Vvedenie v kolichestvennyuyu biologiyu [An introduction to quantitative biology]*. Petrozavodsk: Petrozavodsk State University Publ., 302 p. (In Russian)
- Kovalenko, T. K. (2018) Effektivnost' primeneniya insektitsidov dlya zashchity kartofelya ot vreditelej v Primorskom krae [Effectiveness of plant protection products against pests on potatoes in Primorsky Territory]. *Sibirskij vestnik sel'skokhozyajstvennoj nauki — Siberian Herald of Agricultural Science*, vol. 48, no. 4, pp. 14–19. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2018-4-2> (In Russian)
- Kurdyukova, E. A., Kurdyukov, A. B. (2021) Vliyanie ekologicheskikh faktorov na fenologiyu i chislennost' populatsii dvadtsativot'mipyatnistoj korovki *Henosepilachna vigintioctomaculata* v usloviyakh Primorskogo kraja [The influence of environmental factors on the phenology and population size of twenty-eight-spotted Potato Ladybird *Henosepilachna vigintioctomaculata* in Primorsky Territory]. *Amurskij zoologicheskij zhurnal — Amurian Zoological Journal*, vol. 13, no. 4, pp. 438–459. <https://doi.org/10.33910/2686-9519-2021-13-4-438-459> (In Russian)
- Lević, J. T., Stanković, S. Ž., Krnjaja, V. S., Bočarov-Stančić, A. S. (2009) *Fusarium* species: The occurrence and the importance in agriculture of Serbia. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*, no. 116, pp. 33–48. <https://doi.org/10.2298/ZMSPN0916033L> (In English)
- Nichols, E., Spector, S., Louzada, J. et al. (2008) Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, vol. 141, no. 6, pp. 1461–1474. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.011> (In English)
- Pavlyushin, V. A., Vilkova, N. A., Sukhoruchenko, G. I., Nefedova, L. I. (2016) Funktsionirovanie agrobiotsenozov i tipy ikh otklika na antropogennye vozdejstviya [Functioning of agrobiocenoses and types of their response to anthropogenic impacts]. *Vestnik zashchity rastenij — Plant Protection News*, vol. 4, no. 90, pp. 5–18. (In Russian)
- Prom, L. K., Lopez, Jr. J. D., Latheef, M. A. (2003) Transmission of *Claviceps africana* spores from diseased to non-infected sorghum by corn earthworm moths, *Helicoverpa zea*. *Journal of Sustainable Agriculture*, vol. 21, no. 4, pp. 49–58. (In English)
- Pywell, R. F., Heard, M. S., Woodcock, B. A. et al. (2015) Wildlife-friendly farming increases crop yield: Evidence for ecological intensification. *Proceedings of the Royal Society B*, vol. 282, no. 1816, article 20151740. (In English)
- Risch, S. J., Andow, D. A., Altieri, M. A. (1983) Agroecosystem diversity and pest control: Data, tentative conclusions, and new research directions. *Environmental Entomology*, vol. 12, no. 3, pp. 625–629. <https://doi.org/10.1093/EE/12.3.625> (In English)
- Rogatnikh, D. Yu., Aistova, E. V. (2014) Vzaimosvyazi nasekomykh-vreditelej i sornykh rastenij v agrotsenozakh kartofelya v Amurskoj oblasti [The interconnection of insect pests and weeds in the potato agro-cenosis in the Amur region]. *Vestnik KrasGAU — The Bulletin of KrasGAU*, no. 7, pp. 79–84. (In Russian)

- Ryabova, N., Tupolskikh, T., Serdyuk, V., Gordeeva, N. (2021) Analysis of infection with fungi of the genus *Fusarium* seed and vegetative organs of crops. *E3S Web of Conferences*, no. 273, article 01019. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127301019> (In English)
- Sandhu, H., Wratten, S. D., Costanza, R. et al. (2015) Significance and value of non-traded ecosystem services on farmland. *Peer Journal*, no. 3, article e762. <https://doi.org/10.7717/peerj.762> (In English)
- Sidorov, V. A. (2007) К вопросу о роли насекомых в распространении бактериоза березы [To the question of the role of insects in the spread of birch bacteriosis]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa Publ.*, no. 17, pp. 234–236. (In Russian)
- Slade, E. M., Riutta, T., Roslin, T., Tuomisto, H. L. (2016) The role of dung beetles in reducing greenhouse gas emissions from cattle farming. *Scientific Reports*, vol. 6, article 18140. <https://doi.org/10.1038/srep18140> (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 052093. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052093> (In English)
- Willsey, T., Chatterton, S., Cárcamo, H. (2017) Interactions of root-feeding insects with fungal and oomycete plant pathogens. *Front Plant Science*, no. 8, pp. 1764. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01764> (In English)
- Yamoah, E. (2007) Transmission of *Fusarium tumidum* by four insect species of gorse. Ch. 5. In: E. Yamoah (ed.). *A model system using insects to vector Fusarium tumidum for biological control of grose (Ulex europaeus)*. [Online]. Available at: <https://researcharchive.lincoln.ac.nz/server/api/core/bitstreams/5326a036-f747-4fda-b101-273c3a33081b/content> (accessed 09.01.2024). (In English)
- Yamoah, E., Jones, E. E., Weld, R. J. et al. (2008) Microbial population and diversity on the exoskeletons of four insect species associated with gorse (*Ulex europaeus* L.). *Australian Journal of Entomology*, vol. 47, no. 4, pp. 370–379. (In English)
- Yikilmazsoy, G., Tosun, N. (2021) Characterization of *Fusarium sambucinum* isolates associated with potato dry rot and evaluation of cultivar susceptibility and fungicides. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, vol. 45, no. 2, pp. 222–233. (In English)
- Zamalieva, F. F., Zaitseva, T. V., Ryzhikh, L. Yu., Salikhova, Z. Z. (2015) Фузариозное увядание картофеля и рекомендации по защите [Fusarium wilt of potato and recommendations for a protection]. *Zashchita kartofelya — Potato protection*, no. 2, pp. 3–9. (In Russian)

Для цитирования: Собко, О. А., Ермак, М. В., Мацшишина, Н. В., Фисенко, П. В. (2024) К вопросу о векторных свойствах картофельной коровки *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.) (Coleoptera, Coccinellidae) в системе «насекомое-фитофаг — патоген растения — растение». *Амурский зоологический журнал*, т. XVI, № 1, с. 136–145. <https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2024-16-1-136-145>

Получена 12 января 2024; прошла рецензирование 21 февраля 2024; принята 25 февраля 2024.

For citation: Sobko, O. A., Ermak, M. V., Matsishina, N. V., Fisenko, P. V. (2024) On the vector characteristics of the potato ladybird beetle *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.) (Coleoptera, Coccinellidae) in the system “phytophagous insect — plant pathogen — plant”. *Amurian Zoological Journal*, vol. XVI, no. 1, pp. 136–145. <https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2024-16-1-136-145>

Received 12 January 2024; reviewed 21 February 2024; accepted 25 February 2024.