

На правах рукописи



Собко Ольга Абдулалиевна

НАСЕКОМЫЕ (НЕХАРОДА: INSECTA) КАРТОФЕЛЬНЫХ
АГРОЦЕНОЗОВ ПРИМОРСКОГО КРАЯ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В
ТРАНСМИССИВНОМ ПЕРЕНОСЕ ХОЗЯЙСТВЕННО ЗНАЧИМЫХ
ФИТОВИРУСОВ

Специальность:
1.5.14 – Энтомология (биологические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Владивосток – 2025

Работа выполнена в лаборатории селекционно-генетических исследований полевых культур ФГБНУ «Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки»

Научный руководитель: доктор биологических наук
Мацшина Наталия Валериевна

Официальные оппоненты: **Есипенко Леонид Павлович,**
доктор биологических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный
университет им. И.Т. Трубилина»,
профессор кафедры фитопатологии,
энтомологии и защиты растений

Куприн Александр Витальевич,
кандидат биологических наук, ФГБУН
«Федеральный научный центр
биоразнообразия наземной биоты
Восточной Азии" ДВО РАН, и.о.
заместителя директора по научной
работе

Ведущая организация Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
“Федеральный научный центр
овощеводства”, Московская область,
пос. ВНИИССОК

Защита состоится «___» _____ 2026 г. в 10-00 часов на заседании диссертационного совета 24.1.253.01 на базе ФГБНУ «ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» ДВО РАН по адресу: 690022, г. Владивосток, пр. 100-летия Владивостока, 159. Факс: (423)2310-193. E-mail: info@biosoil.ru

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью и подписями, просим направлять по адресу: 690022, г. Владивосток, проспект 100-летия Владивостока, 159, ученому секретарю диссертационного совета.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке ДВО РАН и на сайте ФГБНУ «ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» ДВО РАН: <https://www.biosoil.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2025 г.

Учёный секретарь диссертационного
совета, кандидат биологических наук



Е.М. Саенко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Видовое разнообразие насекомых в агроценозе картофеля подвержено влиянию антропогенных факторов. В результате нерационального землепользования в современных агроценозах часто наблюдается нарушение равновесия в сторону патогенов и вредителей. Фитофаги, повреждая растение, ослабляют его, снижают потенциальные возможности плодоношения, устойчивость к низким температурам и болезням. Выбор растения-хозяина насекомыми – это сложный процесс, включающий различные стимулы и реакции (Ferere, Moreno, 2009; Sarwar, 2020; Wu et al., 2022). Немаловажную роль в этом играют фитовирусные инфекции. Подавляющее большинство вирусов растений используют специфические векторы, чтобы обеспечить перемещения с одного растения на другое (Moreno et al., 2012; Whitfield et al., 2015; Alonso et al., 2017). Сложные жизненные циклы насекомых-переносчиков, их высокая скорость размножения, способность к миграции, быстрая адаптация в новых экосистемах, обеспечивают фитовирусам практически неограниченные возможности для поддержания численности собственной популяции и распространению (Cunniffe et al., 2021). Практически для всех фитовирусов есть природные растения-резерваторы и очаги вирусной инфекции, причем в биотопах, находящихся далеко от полей. Эти же биотопы являются местами обитания насекомых-переносчиков. Векторная передача является важным этапом в цикле заражения: насекомые в процессе питания повреждают растения, передают вирусы растений, заражают их, что делает фитофагов особенно вредоносными (Jeger et al., 2004; Whitfield et al., 2015; Jeger, 2020). На современном этапе развития науки актуальными являются междисциплинарные исследования из областей энтомологии и вирусологии для поиска методов управления численностью насекомыми-фитофагами с целью предотвращения эпифитотий вирусов (Jeger et al., 2004). Необходимо обладать достоверными сведениями о видовом составе, динамике численности, фенологии и суммарной векторной активности насекомых в агроценозах картофеля для предотвращения фитовирусных эпифитотий.

Цель работы – изучить энтомофауну агроценозов картофельных полей Приморского края и выявить насекомых-переносчиков хозяйственно-значимых фитовирусов картофеля.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить насекомых, обитающих в агроценозе картофеля, выявить насекомых-переносчиков фитовирусов. Провести сравнительный фаунистический анализ агроценозов картофеля Приморского края.
2. Определить кормовые растения насекомых-векторов и выделить среди них резерваторов фитовирусной инфекции.
3. Изучить перенос фитовирусов насекомыми-векторами на примере модельного объекта – картофельной коровки.
4. Разработать содержание модельного объекта (картофельной коровки) в условиях инсектария.

Научная новизна. Вклад автора в прирост научного знания в области энтомологии состоит в следующем: впервые составлен список насекомых,

обитающих в агроценозе картофельного поля Приморского края; впервые приведены данные о *Mythimna separata*, *Phaedon cochleriae*, *Dolycoris baccarum* как переносчиках фитовирусов картофеля; вписана фенология основных насекомых-векторов. Впервые установлено, что фитовирусная инфекция определяет хемотаксис картофельной коровки в отношении здоровых и больных растений, что влияет на распространение инфекции в агроценозах картофеля. Впервые показано влияние аминокислоты цистеин на хемотаксис картофельной коровки. Впервые показан перенос ассоциативной вирусной инфекции картофельной коровкой с больных на здоровые растения картофеля. Впервые доказано, что вирус PVY циркулирует в гемолимфе *Henosepilachna vigintioctomaculata*, присутствует на протяжении всего жизненного цикла в теле насекомого и может передаваться из поколения в поколение. Впервые показано влияние рибавирина на элиминацию фитовирусов в организме картофельной коровки при инсектарном содержании. Впервые показано влияние аминокислот и витаминов группы В на плодовитость и жизнеспособность картофельной коровки при инсектарном содержании. Впервые показано влияние экзифина на оздоровление *H. vigintioctomaculata* от грибной инфекции. Впервые воссоздана полная картина вирусной инфекционной нагрузки хозяйственно значимых вирусов на агроценозы картофеля данного региона. Расширен список насекомых-векторов фитовирусной инфекции картофеля, определены растения-резерваты. Впервые для Приморского края проведено комплексное исследование взаимоотношений в системе «вектор-вирус-растение».

Теоретическая и практическая значимость. Работа представляет собой первое системное исследование фауны насекомых-векторов фитовирусов в посадках картофеля в Приморском крае. Получены данные о видовом составе, особенности биологии насекомых-векторов, определен видовой состав основных векторов фитовирусов картофеля, описан флористический состав растений-резерватов, определен состав фитовирусов картофеля. Полученные данные используются для актуализации мер защиты растений, а также разработки новых, с целью эффективного использования в системе семеноводства картофеля высших репродукций.

По результатам проведенных исследований подана заявка на патент «Способ разведения картофельной коровки в инсектарии» № 2025108738 от 07.04.2025 г.

Результаты исследования используются сотрудниками отдела картофелеводства и овощеводства в селекционном процессе и для получения мини-клубней (Акт внедрения результатов исследований от 22 февраля 2024 г.) и в курсе лекций «Защита растений» в отдел аспирантуры ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки».

Результаты представленной работы вносят существенный вклад в реализацию следующих приоритетных направлений научно-технологического развития Российской Федерации: переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработку и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранение и эффективную переработку сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и

качественных, в том числе функциональных продуктов питания; исследование в области понимания процессов, происходящих в обществе и природе, фундаментальные исследования, обусловленные внутренней логикой развития науки, обеспечивающие готовность страны к большим вызовам, еще не проявившимся и не получившим широкого общественного признания, возможность своевременной оценки рисков, обусловленных научно-технологическим развитием. Работа значительным образом расширяет представления о насекомых-векторах фитовирусов картофеля, их месте в агроэкосистемах, создает теоретические основы для ведения безвирусного органического семеноводства картофеля.

Методы исследований. В ходе работы использовались аналитические, общие и специальные методы исследований: лабораторные, вегетационные и полевые, в процессе проведения которых осуществляли наблюдения, сравнения, измерения, анализ экспериментальных данных. Статистическая обработка и анализ достоверности данных проводились с использованием Microsoft Office Excel, PAST v4.16. Их применение подтвердило достоверность полученных результатов исследований.

Положения, выносимые на защиту:

1. Ядро энтомофауны агроценозов картофеля в Приморском крае составляют 67 видов насекомых, из которых наиболее многочисленным является *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858 (Coleoptera: Coccinellidae), а 8 видов – векторами хозяйственно значимых фитовирусов.

2. Вирус PVY присутствует на протяжении всего жизненного цикла в *H. vigintioctomaculata*, и может передаваться из поколения в поколение.

Апробация работы. Основные результаты работы и методы, использованные в работе, доложены на российских и международных конференциях. В соответствии с решением Совета по вопросам назначения и выплаты стипендий Президента Российской Федерации для обучающихся по образовательным программам высшего образования (протокол Совета от 19.06.2024 г. № 13-пр/18) работа признана победителем конкурсного отбора 2024 года на назначение стипендии Президента Российской Федерации для аспирантов и адъюнктов, проводящих научные исследования в рамках реализации приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации. Материалы диссертационной работы доложены на Международной конференции молодых ученых: биофизиков, биотехнологов, молекулярных биологов и вирусологов (OpenBio, АНО «Инновационный центр Кольцово», г. Новосибирск, ИПЦ НГУ, 2020 г., 2021 г., 2022 г.); II Международной научно-практической конференции (16–18 ноября 2020 г., Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия); конкурсе-конференции молодых ученых ФГБНУ ФНЦ агроботехнологий ДВ им. А.К. Чайки, пос. Тимирязевский (2020 г., 2021 г., 2022 г., 2023 г.); Чтения памяти А. И. Куренцова, г. Владивосток (2019 г., 2022 г., 2023 г., 2024 г., 2025 г.); Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные научные исследования в развитии сельского хозяйства Дальнего Востока» (пос. Тимирязевский, 21 июля 2021 г.); Международной молодежной конференции «Генетические и радиационные технологии в сельском

хозяйстве» (г. Обнинск, НИЦ «Курчатовский институт», 2022 г., 2023 г.); Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Сохраним и приумножим достижения российских ученых» (ФГБНУ Камчатский НИИСХ, 8 декабря 2022 г.); Международной научно-практической конференции «Биотехнологии в АПК Дальнего Востока: состояние и перспективы развития» (к 115-летию аграрной науки на Дальнем Востоке) (пос. Тимирязевский, 27-28 июня 2023 г.); Международной научно-практической конференции «Аграрная наука: вчера, сегодня, завтра» (Камчатский край, г. Елизово, 26–28 июля 2023 г.); Всероссийской конференции молодых ученых «Экология: факты, гипотезы, модели», посвященной 90-летию со дня рождения профессора С.Г. Шиятова (г. Екатеринбург, 17-21 апреля 2023 г.); Дальневосточном научно-деловом форуме «Продовольственная безопасность в контексте глобальных геополитических и экологических вызовов». Секция 2 Современные модели организации импортозамещающих агропромышленных производств (международное участие) (г. Уссурийск, ПГАТУ, 17 ноября 2023 г.); Национальной научно-практической конференции «Чтения памяти доктора сельскохозяйственных наук, профессора Александра Петровича Ващенко» (к 90-летию со дня рождения) (г. Уссурийск, пос. Тимирязевский, 20 марта 2024 г.); Научно-практической конференции «К 95-летию прикладной ботаники на Дальнем Востоке» (ДВФУ, о. Русский, 23 сентября 2024 г.); на заседаниях лаборатории энтомологии ФНЦ биоразнообразия ДВО РАН (2024 г., 2025 г.); выступлениях средств массовой информации по теме НИР (УссурМедиа, февраль 2024 г., ТВЦ, май 2024 г.), научно-практической конференции молодых ученых, посвященной дню Российской науки «Актуальные исследования молодых ученых – результаты и перспективы» (ДальГАУ, Благовещенск, 12 февраля 2025 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 17 работ, из них – 6 в рецензируемых научных журналах из списка ВАК.

Структура и объем диссертации. Работа изложена на 139 страницах текста, состоит из Введения, 5 глав, Заключения, Списка литературы и 4 Приложений. Рукопись содержит 15 таблиц и 32 рисунка. Список литературы состоит из 264 источников, из них – 89 иностранных.

Организация исследований и декларация личного участия автора. Диссертация содержит аналитический и фактический материал, полученный в течение 2019-2024 годов. Все разделы диссертационного исследования написаны лично автором. Автор лично участвовала в маршрутных обследованиях, фитопатологических и энтомологических учетах, сборе материала. Автор лично определила 67 видов насекомых, непосредственно участвовала в создании коллекции насекомых-векторов, разрабатывала оптимальные условия инсектарного содержания векторов. Автор лично верифицировала правильность определения у ведущих специалистов в данной области. Автор лично описала видовой состав сорных растений. Автор лично проводила полевые и лабораторные опыты, постановку ПЦР реакций для выявления фитовирусов. Автор лично проанализировала, обобщила и статистически обработала полученные результаты. Автор лично подготовила публикации и представила доклады по настоящей теме на всероссийских и

международных конференциях.

Благодарности. Особо благодарю своего научного руководителя, д-ра биол. наук. **Мацишину Н.В.** (ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки»). Считаю своим долгом выразить глубокую и искреннюю благодарность всем сотрудникам и техническим помощникам в коллективе лаборатории селекционно-генетических исследований полевых культур ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» за участие в многочисленных полевых и лабораторных исследованиях, а особенно – м.н.с. **Ермак М.В.**, м.н.с. *Богинской Н.Г.* У истоков данной работы стояли к.б.н., и.о. зав. лабораторией селекционно-генетических исследований полевых культур **Фисенко П.В.**, к.с.-х.н., директор ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» **Емельянов А.Н.**, зав. отделом картофелеводства и овощеводства **Волков Д.И.**, д.с.-х.н. и.о. зав. лабораторией диагностики болезней картофеля **Ким И.В.**, об участии и помощи которых я вспоминаю с чувством большой признательности. Успеху в работе в большой мере содействовали помощь и дружеская поддержка зам. директора по научной работе, к.с.-х.н. **Мохань О.В.**, ученого секретаря, к.с.-х.н. **Иншаковой С.Н.**, зав. аспирантурой **Суржик С.С.** (ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки»), д.б.н., профессора **Пономаренко М.Г.** и д.б.н., профессора **Лелея А.С.** («ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» ДВО РАН). Кроме того, считаю необходимым поблагодарить к.б.н. **Сергеева М.Е.**, к.б.н. **Кошкина Е.С.**, к.б.н. **Шабалина А.С.**, к.б.н. **Локтионова В.М.**, к.б.н. **Куберскую О.В.**, к.б.н. **Сундукова Ю.Н.**, к.б.н. **Стекольщикова А.В.**, д.б.н. **Легалова А.А.**, д.б.н. **Стороженко С.Ю.**, а также **Лаптеву С.В.** за помощь в определении насекомых. Отдельную, горячую признательность выражаю зав. НТБ ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» **Акуловой Н.И.** за помощь в поиске редкой литературы.

Содержание работы

ГЛАВА 1 ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВНЫХ ГРУПП НАСЕКОМЫХ-ВЕКТОРОВ ФИТОВИРУСОВ КАРТОФЕЛЯ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

Глава содержит сведения об истории изучения насекомых-векторов фитовирусной инфекции картофеля в Приморском крае.

ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДИКА И МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Климатическая характеристика и географическое положение региона исследования

Приведена климатическая и географическая характеристика региона исследований.

2.2 Материалы и методы

Исследование проведено в 2019-2024 гг. в Приморском крае на картофельных полях и прилегающей к ним территории. Учеты проводились в Приморском крае в пос. Тимирязевский (Уссурийский городской округ), в с. Пуциловка (Уссурийский городской округ), с. Фадеевка (Октябрьский район),

с. Кремово (Михайловский район), с. Анучино (Анучинский район), с. Новолитовск (Партизанский район), с. Боголюбовка (Дальнереченский район). Сбор насекомых и их определение осуществлялись стандартными энтомологическими методами (Цуриков 2003, 2006; Артохин, 2010; Жевора и др., 2019; Ануфриев и др., 1988; Пащенко, 1988; Грачев и др., 1992; Пащенко, 2000; Пащенко, 2001; Blackman, Eastop, 2006; Стекольников, 2008). Препарирование имаго производилось по стандартным методикам (Солодовников, 2012). Формирование лабораторной колонии картофельной коровки – по Злотину (Злотин, 1989). Изучение хемотаксиса картофельной коровки по отношению к зараженным и здоровым растениям – по Капусткин, 2008; Sobko, 2024. Изучение влияния аминокислот на избирательность картофельной коровки – по Жустиниано, Фернандес (Justiniano, Fernandes, 2020). Активность фармакологических препаратов в отношении возбудителей микозов насекомых определяли по стандартной методике (Есаулов, Митрофанова, Мельников, 2015). Для определения видовой принадлежности сорной растительности использовали атлас-определитель (Новиков, Губанов, 2002; Артохин, 2018). Фенологию растений визуализировали по методу Васильевой и Вышегурова (Васильева, Вышегуров, 2022). Симптоматика и описание вирусов приводятся по Аникиной и Сейтжановой (2015) (Аникина, Сейтжанова, 2015; Пиневиц и др., 2020). Полевой эксперимент закладывали по методам Павлюшина с соавт. (Павлюшин и др., 2005). Наличие/отсутствие фитовирусов в пробах проводили методом одношаговой ОТ-ПЦР (Рязанцев, Завриев 2009; Рябушкин 2012). Статистический анализ результатов исследования и построение графиков проводили с помощью пакета статистических компьютерных программ Past v. 4.17 и Microsoft Office Excel 2007 (Hammer et al., 2001; Борздова, 2011; Ивантер, Коросов, 2011; Шитиков, Зинченко, 2018; Шитиков, Зинченко, 2019).

ГЛАВА 3. ЭНТОМОФАУНА КАРТОФЕЛЬНОГО ЦЕНОЗА В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

3.1 Насекомые в агроценозе картофеля

В наших исследованиях на модельном участке (пос. Тимирязевский) энтомофауна картофельного поля в 2019-2024 гг. состояла из 16 видов, 7 семейств, относящихся к отряду Coleoptera. Отряд Coleoptera был представлен в основном фитофагами, относящимся к семейству Chrysomelidae Latreille, 1802: *Phaedon cochlearia* Linnaeus, 1758, *Entomoscelis adonidis* Pallas, 1771, *Phyllotreta cruciferae* Goeze, 1777, *Epitrix cucumeris* Harris, 1851, *Phyllotreta atra* Fabricius, 1775, *Ceutorrhynchus pleurostigma* Marscham, 1802, *Pagria ussuriensis* Moseyko & L. Medv, *Colaphellus alpinus* Gebl., *Altica* sp., *Phyllotreta undulata* Kutschera, 1860. В фенофазе «всходы» (вторая декада мая) самыми многочисленными насекомыми на картофеле являлись *P. cruciferae*, *E. cucumeris*, *P. atra*, *P. cochlearia*, *E. adonidis* – класс обилия 2 и 3 балла, повреждение листьев в виде множественных маленьких отверстий. Самым массовым вредителем на картофельном поле является *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858 семейство Coccinellidae – частота встречаемости в агроэкосистеме картофельного поля составляет 70 %, 4 балла по обилию. С третьей декады мая *H. vigintioctomaculata* становится основным вредителем на картофельном поле,

появляются первые яйцекладки насекомого. В агроценозе картофельного поля также встречаются следующие представители семейства Coccinellidae: *Propylaea quatuordecimpunctata* Linnaeus, 1758, *Coccinella septempunctata* Linnaeus, 1758, *Harmonia axyridis* Pallas, 1773. *P. quatuordecimpunctata* и *C. septempunctata* являются обычными видами и на самом картофельном поле и по обочинам полей, класс обилия 2 и 3 балла, *H. axyridis* является редким видом для данного агроценоза. Малочисленными для картофельного поля в пос. Тимирязевский являются *Cantharis rustica* Fallen, 1807 (семейство Cantharidae) и вид из семейства Curculionidae sp.

Отряд Hemiptera был представлен 5 семействами. В агроценозе картофельного поля нами обнаружено 7 видов тли *Rhopalosiphum padi* Linnaeus, 1758, *Myzus persicae* Sulzer, 1776, *Aphis craccivora* Koch, 1854, *Schizaphis graminum* Rondani, 1852, *Acyrtosiphon pisum* Harris, 1776, *Aulacorthum solani* Kaltentbach, 1843, *Aphis gossypii* Glover, 1877. Основными заселителями картофеля являются *M. persicae* и *A. solani*, класс обилия – 3 балла. В условиях Приморского края персиковая тля не образует массовых колоний на растениях картофеля. Максимальное количество тлей на 100 листьях мы наблюдали в конце июня $64 \pm 1,2$ штуки (рисунок 1).

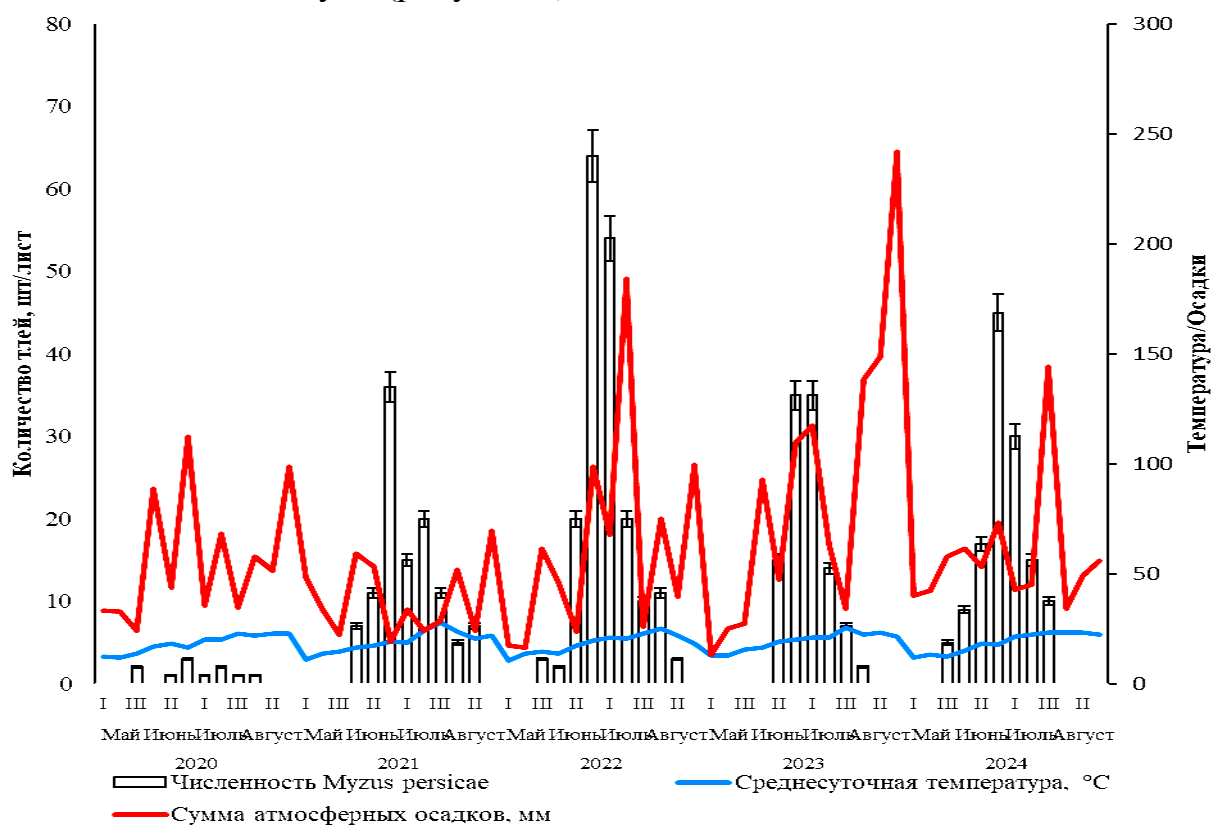


Рисунок 1 – Численность *Myzus persicae* на растениях картофеля методом 100 листьев, пос. Тимирязевский

На лет и колонизацию тлей непосредственное влияние оказывают погодные условия. Обложные осадки незначительно влияют на плотность тлей, а вот ливневые дожди практически полностью губят колонию тлей на растениях, лет в такие дни невозможен. Кроме того, скорость ветра более 3 м/с не благоприятна для разлета тлей. При температуре 23-25°C и сумме атмосферных осадков около 5 мм количество тлей на растениях картофеля

достигало максимального значения, от 35 до $64 \pm 1,2$ штуки на 100 листьях. В годы с сухой теплой погодой увеличивается колония тлей и повышается активность лета (рисунок 1).

В энтомофауне картофельного поля семейство Miridae представлено *Lygus pratensis* Linnaeus, 1758. Доля клопов на картофеле составляет до 17% от численности всех насекомых в посадках картофеля, данный вид является обычным в агроценозе. Насекомые семейства Cicadellidae Latreille, 1802 многочисленны в травянистом ярусе и по краю поля. В наших исследованиях *Cicadella viridis* Linnaeus, 1758 встречается в большом количестве на обследуемых полях и прилегающих к ним биотопам, является обычным для данного агроценоза видом, класс обилия – 3 балла. Малочисленными и редкими видами являются виды из семейства Pentotomidae: *Dolycoris baccarum* Linnaeus, 1758, *Carpocoris purpureipennis* De Geer, 1773 и вид *Eurygaster testudinaria* Geoffroy, 1785 из семейства Scutelleridae с классом обилия в 2-1 балла.

Отряд Lepidoptera в агроценозе картофельного поля в пос. Тимирязевский представлен 3 семействами, 7 видами. Самым многообразным по количеству видов является семейство Noctuidae, в агроценозе мы зафиксировали 4 вида совок, относящихся к малочисленным или редким видам с баллом обилия 1-2: *Mythimna separata* Walker, 1865, *Agrotis ipsilon* Hufnagel, 1766, *Mamestra brassicae* Linnaeus, 1758, *Lacanobia oleracea* Linnaeus, 1758. Семейство Pieridae представлено двумя видами: *Pieris brassicae* Linnaeus, 1758 является обычным видом для данного агроценоза, *Pieris rapae* Linnaeus, 1758 – малочисленный вид, класс обилия 1 балл. Семейство Crambidae представлено *Loxostege sticticalis* Linnaeus, 1761. Отряд Hymenoptera представлен двумя видами – редкий для данного агроценоза вид *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, семейство Apidae и малочисленный вид *Vespa crabro* Linnaeus, 1758, семейство Vespidae. Отряд Diptera представлен 3-мя семействами. В большом количестве на полях, обработанных инсектицидами и гербицидами, встречается почвенный комарик *Sciaridae* sp., также на полях встречалась *Muscina stabulans* Fallen, 1817 семейства Muscidae и вид из семейства Sarcophagidae sp. Два вида из отряда Orthoptera выявлены в агроценозе картофельного поля в пос. Тимирязевский: *Pteronemobius gorochovi* Storozhenko, 2004 семейства Trigonidiidae и *Tetrix tenuicornis* Sahlberg, 1891 семейства Tetrigidae, оба вида являются редкими с обилием в 1 балл.

Видовое богатство энтомофауны агроценозов картофельного поля оценивали с помощью индексов Шеннона, Пиелу, Маргалёфа. Значение индекса Шеннона для с. Фадеевка, с. Пуциловка и пос. Тимирязевский варьирует от 2,30 до 2,57 соответственно, что указывает на видовое богатство данных агроценозов и на относительно равномерное распределение видов (таблица 1). Для агроценозов с меньшим числом видов характерно снижение индекса Шеннона; так, энтомофауна картофельного поля в с. Новолитовск и в с. Боголюбовка характеризуются крайне низкими значениями индекса Шеннона – 0,71 и 0,60, что связано как с общим уменьшением видового богатства, так и с увеличением доминирования отдельных видов. Индекс Шеннона в с. Кремово и с. Анучино равен 1,93 и 1,60 соответственно (таблица 1). Энтомофауна картофельного поля в с. Пуциловка и в с. Фадеевка характеризовались

наибольшей относительной однородностью – индекс Пилеу равен 0,81 и 0,83 (таблица 1). Наибольшее видовое богатство характерно для агроценоза в пос. Тимирязевский – 41 вид, D_{Mg} равен 5, 16. С. Новолитовск и с. Боголюбовка имели минимальное значение индекса Маргалёфа 0,53 и 0,40 соответственно и минимальные значения видового богатства: 0,71 для с. Новолитовск и 0,60 для с. Боголюбовка (таблица 1).

Таблица 1 – Видовое богатство энтомофауны агроценоза картофельного поля (выкосы)

№	Точка сбора	Видовое богатство (D)	Индекс Шеннона (H)	Индекс Пилеу (E)	Индекс Маргалёфа (D_{Mg})
I	пос. Тимирязевский	5,42	2,57	0,69	5,16
II	с. Пуциловка	3,49	2,44	0,81	3,31
III	с. Фадеевка	2,69	2,30	0,83	2,35
IV	с. Кремово	2,77	1,93	0,70	2,44
V	с. Анучино	2,36	1,60	0,62	2,18
VI	с. Новолитовск	0,71	0,74	0,53	0,53
VII	с. Боголюбовка	0,60	0,51	0,47	0,40

Коэффициент Жаккара и коэффициент Сёренсена-Чекановского основаны на данных о присутствии или отсутствии видов в сравниваемых биотопах. В наших исследованиях пос. Тимирязевский – с. Пуциловка, пос. Тимирязевский – с. Фадеевка и пос. Тимирязевский – с. Анучино имеют наибольшее сходство по коэффициенту Жаккара (рисунок 2). Пос. Тимирязевский – с. Пуциловка, пос. Тимирязевский – с. Фадеевка, пос. Тимирязевский – с. Анучино, с. Пуциловка – с. Анучино, с. Фадеевка – с. Анучино и с. Новолитовск – с. Боголюбовка характеризуются сходством видов по коэффициенту Сёренсена-Чекановского (рисунок 2).

Коэффициент Жаккара в %								Коэффициент Чекановского – Сёренсена в %							
	I	II	III	IV	V	VI	VII		I	II	III	IV	V	VI	VII
I	100	49	47	42	56	10	7	I	100	66	53	49	55	18	14
II	49	100	29	29	44	20	15	II	66	100	44	44	60	33	26
III	47	29	100	23	38	18	19	III	53	44	100	33	55	30	32
IV	42	29	23	100	21	18	19	IV	49	44	33	100	35	30	32
V	56	44	28	21	100	13	7	V	55	60	55	35	100	24	29
VI	10	20	18	18	13	100	40	VI	18	33	30	30	24	100	57
VII	7	15	19	19	7	40	100	VII	14	26	32	32	29	57	100

Рисунок 2 – Меры сходства и различия энтомофауны агроценоза картофельного поля (выкосы)

Примечание: I – пос. Тимирязевский (Уссурийский городской округ); II – с. Пуциловка (Уссурийский городской округ); III – с. Фадеевка (Октябрьский район); IV – с. Кремово (Михайловский район); V – с. Анучино (Анучинский район); VI – с. Новолитовск (Партизанский район); VII – с. Боголюбовка (Дальнереченский район)

Почвенные ловушки ставили в с. Кремово, в с. Пуциловка и в пос. Тимирязевском. Всего на почвенные ловушки попало 47 видов насекомых. В с. Кремово – 7 видов, в с. Пуциловка – 22 вида, в пос. Тимирязевском – 32 вида. Такой разброс в количестве видов объясняется тем, что в пос. Тимирязевском поле не обрабатывали пестицидами (инсектицидами и гербицидами). Во всех агроценозах встречались три вида из семейства Carabidae Latreille, 1802: *Poecilus encopoleus* Solsky, 1873, *Carabus granulatus* Linnaeus, 1758, *Claenis pallipes* Gebler, 1823, один вид из семейства Silphidae Latreille, 1807 – *Silpha perforata* Gebler, 1832 и виды из семейства Chrysomelidae Latreille, 1802. Ниже

представлен обобщенный список видов энтомофауны картофельного ценоза (рисунок 3).

- Отряд Coleoptera**
- Семейство Carabidae Latreille, 1802**
Poecilus encopoleus Solsky, 1873
Chlaenius (Chlaenius) pallipes Gebler, 1823
Carabus granulatus Linnaeus, 1785
Carabus (Hemicarabus) tuberculatus Dejean, 1829
Bembidion (Bembidion) mandli Netolitzky, 1932
Calosoma (Campalita) chinense Kirby, 1817
Pterostichus (Eosteropus) japonicus Motschulsky, 1860
- Семейство Coccinellidae Latreille, 1807**
Henosepilachna vigintioctomaculata Motschulsky, 1858
Coccinella septempunctata Linnaeus, 1758
Propylaea quatuordecimpunctata Linnaeus, 1758
Harmonia axyridis Pallas, 1773
Adonia variegata Goeze, 1777
- Семейство Curculionidae Latreille, 1802**
Apion assimile Kby. (*A. bohemani* Bed., *A. incertus* Desbr.).
Ceutorhynchus pleurostigma Marscham, 1802
- Отряд Diptera Linnaeus, 1758**
- Семейство Muscidae Latreille, 1802**
Muscina stabulans Fallen, 1817
- Подсемейство Агрурниае Candèze, 1857**
Agrypnus binodulus Motschulsky, 1861
- Семейство Sciaridae Billberg, 1820**
- Отряд Hemiptera Linnaeus, 1758**
- Семейство Aphidoidea Latreille, 1802**
Rhopalosiphum padi Linnaeus, 1758
Myzus persicae Sulzer, 1776
Aphis craccivora Koch, 1854
Schizaphis graminum Rondani, 1852
Acyrtosiphon pisum Harris, 1776
Aulacorthum solani Kaltenbach, 1843
Aphis gossypii Glover, 1877
- Семейство Cicadellidae Latreille, 1802**
Cicadella viridis Linnaeus, 1758
- Отряд Lepidoptera Linnaeus, 1758**
- Семейство Noctuidae Latreille, 1809**
Mythimna separata Walker, 1865
Agrotis ipsilon Hufnagel, 1766
Mamestra brassicae Linnaeus, 1758
Lacanobia oleracea Linnaeus, 1758
Axylia putris Linnaeus, 1761
Euclidia dentata Staudinger, 1871
Deltote bankiana Fabricius, 1775
- Отряд Hymenoptera Linnaeus, 1758**
- Семейство Formicidae Latreille, 1802**
Lasius niger Linnaeus, 1758
- Семейство Apidae Latreille, 1802**
- Подсемейство Apinae Linnaeus, 1758**
Apis mellifera Linnaeus, 1758
- Отряд Thysanoptera Haliday, 1836**
- Семейство Thripidae Stevens, 1829**
Thrips tabaci Lindeman, 1889
Frankliniella intonsa Trybom, 1895
Thrips fuscipennis Halicne, 1836
- Отряд Orthoptera Latreille, 1793**
- Семейство Trigonidiidae Saussure, 1874**
Pteronemobius gorochovi Storozhenko, 2004
- Семейство Acrididae MacLeay, 1819**
Stauroderus sp.
- Отряд Neuroptera Linnaeus, 1758**
- Семейство Chrysopidae Schneider, 1851**
Chrysoperla carnea Stephens, 1836
- Семейство Chrysomelidae Latreille, 1802**
- Phaedon cochlearia* Linnaeus, 1758
Entomoscelis adonidis Pallas, 1771
Colaphellus alpinus Gebl.
Pagria ussuriensis Moseyko & L. Medv
Altica sp. (Coleoptera, Chrysomelidae)
- Подсемейство Galerucinae Latreille, 1802**
Phyllotreta cruciferae Goeze, 1777
Epitrix cucumeris Harris, 1851
Phyllotreta atra Fabricius, 1775
Phyllotreta undulata Kutschera, 1860 (= *memorum* Linnaeus, 1758)
- Семейство Cantharidae Imhoff, 1856**
Cantharis rustica Fallen, 1807
- Семейство Silphidae Latreille, 1807**
Silpha perforata Gebler, 1832
- Семейство Scarabaeidae Latreille, 1802**
Onthophagus olsoufieffi Boucomont, 1924
Maladera renardi Ballion 1870 (Coleoptera, Scarabaeidae)
Caccobius (Caccophilus) sordidus Harold., 1886
- Семейство Sarcophagidae Macquart, 1834**
(вид не определен)
- Семейство Elateridae Leach, 1815**
Agriotes (Agriotes) obscurus Linnaeus, 1758
- Семейство Syrphidae Latreille, 1802**
- Семейство Miridae Hahn, 1883**
Lygus pratensis Linnaeus, 1758
- Семейство Pentotomidae Leach, 1815**
Dolycoris baccarum Linnaeus, 1758
- Подсемейство Pentatominae Spinola, 1850**
Carpocoris purpureipennis De Geer, 1773
- Семейство Scutelleridae Leach, 1815**
Eurygaster testudinaria Geoffroy, 1785
- Семейство Pieridae Duponchel, 1835**
Pieris brassicae Linnaeus, 1758
Pieris rapae Linnaeus, 1758
- Семейство Crambidae Latreille, 1810**
Loxostege sticticalis Linnaeus, 1761
- Семейство Vespidae**
Vespa crabro Linnaeus, 1758
Polistes sp.

Рисунок 3 – Список видов энтомофауны картофельного ценоза

Маршрутные обследования показали, что картофельные поля, обработанные пестицидами (инсектицидами и гербицидами), не отличались большим видовым разнообразием.

3.2 Насекомые-переносчики фитовирусов в посадках картофеля

Среди насекомых, обитающих в агроценозе картофельного поля в Приморском крае, нами установлено, что векторами вирусной инфекции являлись *Cicadella viridis*, *Henosepilachna vigintioctomaculata*, *Dolycoris baccarum*, *Mythimna separata*, *Lygus pratensis*, *Myzus persicae*, *Phaedon cochleariae*. Причем, *Cicadella sp.* и *M. persicae* носительствовали PVY, PVS, PVM, PVA, PLRV и PSTVd (таблица 2) (Sobko et al., 2021). Таким образом, питаясь на растениях картофеля *M. separata*, переносит с больных растений картофеля на здоровые, а также на сорные растения вирус картофеля Y, вирус картофеля S, вирус картофеля M, вирус картофеля A и вирус скручивания листьев картофеля PLRV (таблица 2).

Таблица – 2 Насекомые-векторы фитовирусов картофеля в Приморском крае (цит. по Sobko et al., 2021)

Вид насекомого	Картофельные вирусы						
	PVY	PVX	PVA	PVS	PVM	PLRV	PSTVd
<i>Cicadella viridis</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Henosepilachna vigintioctomaculata</i>	+	+	-	+	+	+	+
<i>Dolycoris baccarum</i>	+	+	+	+	+	+	-
<i>Mythimna separata</i>	+	+	+	+	+	+	-
<i>Lygus pratensis</i>	+	-	-	+	+	+	+
<i>Myzus persicae</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Rhopalosiphum padi</i>	+			+		+	+
<i>Phaedon cochleariae</i>	+	-	-	+	+	+	-

Примечание: «+» – наличие фитовируса в насекомом; «-» – отсутствие фитовируса в насекомом

В наших исследованиях цикадка зеленая является одним из компонентов агроценоза картофеля, питаясь соком растений, насекомое может делать пробные проколы и на растениях картофеля, таким образом перенося фитовирусы картофеля с одних растений на другие. Кроме *M. persicae* нами установлено, что вектором вирусов картофеля является *Rhopalosiphum padi*, в насекомых нами обнаружены PVY, PVS, PLRV и PSTVd (таблица 1). Картофель не является растением-хозяином для черемухово-злаковой тли, но установлено, что *R. padi* не способен быстро отличать растения-хозяина и не хозяина, в результате чего в поисках пищи, особенно по окраине полей, рядом со злаковым разнотравьем, *R. padi* делают большое количество пробных проколов в растениях картофеля (Wiktelius, 1982; Schröder et al., 2015). Известно, что черемухово-злаковая тля переносит вирус картофеля Y (Kostiw, 1979; Schröder et al., 2015; Gandrabur, Vereshchagina 2019), однако крылатые формы *Rhopalosiphum padi* не являются эффективными переносчиками вирус PVY по сравнению с видами тлей, питающимися на картофеле (Galimberti et al., 2020).

По нашим данным, *Lygus pratensis* является переносчиком PVY и PVS, эти вирусы обнаружены у всей выборки, PVM переносят 75% особей, PLRV – 50%. По литературным данным, *L. pratensis* является вектором вирусов, вызывающих мозаичные болезни картофеля – PVM, PVY, PVS, а также вируса скручивания листьев картофеля (Лебедева и др., 1982). По нашим данным, в теле *P. cochlearia* обнаружены вирусы картофеля PVY, PVS, PVM, PLRV, несмотря на то что капустный листоед не является специализированным

вредителем картофеля, насекомые обнаружены на растениях картофеля, кроме того, отмечен акт питания *P. cochlearia* на картофеле.

ГЛАВА 4. СОРНЫЕ РАСТЕНИЯ КАК ЕСТЕСТВЕННАЯ СРЕДА ОБИТАНИЯ НАСЕКОМЫХ-ПЕРЕНОСЧИКОВ

4.1 Видовой состав сеgetальной растительности

На обследуемых картофельных полях в 2019–2024 гг. нами выявлено 43 вида сорных растений, относящихся к 22 семействам. Из 43 видов сеgetальных растений, резерваторами вирусной инфекции являлись 18: *Taraxacum officinale*, *Chenopodium album*, *Trifolium pratense typus*, *Plantago major*, *Tripleurospermum inodorum*, *Barbarea vulgaris*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Sonchus arvensis*, *Galinsoga parviflora*, *Poa pratensis*, *Hibiscus trionum*, *Vicia cracca*, *Urtica dioica*, *Elytrigia repens*, *Rumex confertus*, *Glycine soja*, *Chelidonium majus* (Собко, 2023). Большинство сеgetальной растительности носительствовало комплексную вирусную инфекцию, состоящую из двух и более вирусов. Ассоциативная инфекция включала вирусы мозаичной группы картофеля: PVY, PVX, PVS, PVM, PVA, PLRV и PSTVd. Большинство сорных растений являются латентными носителями фитовирусов.

4.2 Фенология развития сорных растений, соотнесенная с фенологией насекомых

По нашим данным, кормовыми растениями для насекомых из семейства Цикадовых в агроценозе картофеля являются многие виды, резервирующие фитовирусы картофеля. Это растения из семейства злаковых, марь белая, галинсога мелкоцветковая, мышиный горошек, гибискус тройчатый и непосредственно картофель.

Насекомые, относящиеся к семейству Листоедов и к подсемейству Козявок из семейства Листоедов, питаются сурепкой обыкновенной, щавелем конским, марью белой, подорожником большим, клевером луговым с которых потом переходят на картофель. Сурепка резервирует вирус картофеля Y и вириод веретенovidности клубней картофеля, щавель конский – PVY, PLRV и PVS, марь белая – PVY, PVM, PVS, PSTVd, клевер луговой – PVY, PLRV, подорожник большой – PVY, PVM, PVS. Картофельная коровка, будучи широким полифагом, питается растениями разных семейств (Ермак, Мацишина, 2022), в том числе на растениях, резервирующих фитовирусы картофеля: осот полевой (PVY, PLRV), чистотел большой (PVY, PLRV, PVM, PVS), крапива двудомная (PVY, PVM, PVS), марь белая (PVY, PVM, PVS, PSTVd), гибискус тройчатый (PVY, PVM, PVS), картофель (PVY, PVX, PVM, PVS, PVF, PLRV, PSTVd). Насекомые надсемейства тлей нами обнаружены на трехребернике непахучим, резервирующим PVS, осоте полевом (PVY, PLRV), клевере луговом (PVY, PLRV), щавеле конском (PVY, PLRV, PVS), черемухе (PVY, PLRV, PVM, PVS), растениях из семейства злаковых (PVY, PVX, PLRV, PVM, PSTVd) и картофеле (PVY, PVX, PVM, PVS, PVF, PLRV, PSTVd). Фитофаги, питающиеся растениями-резерваторами вирусной инфекции картофеля, являются мобильными насекомыми, способными совершать длительные перелеты и, тем самым, распространять фитовирусную инфекцию из очага заражения в новые биотопы, формируя новые места циркуляции фитовирусов картофеля.

Большинство фитофагов, обитающих в агроценозе картофеля, до массовых всходов основной культуры питаются сорной и сеgetальной растительностью. Так, по среднемноголетним данным, в конце второй декады апреля из диапаузы выходят луговой клоп и капустный листоед, в это же время появляются сорные растения, такие как клевер луговой, герань луговая, пырей ползучий, лапчатка серебристая, чистотел большой. В третьей декаде апреля выходит из диапаузы тля. Во второй декаде мая появляются всходы картофеля, в этот период основным вредителем картофеля является капустный листоед (5-8 шт./раст.), насекомые активно питаются не только картофелем, но и сорными растениями – марь белая, подорожник большой, клевер луговой, одуванчик обыкновенный, которые произрастают по краю поля и в посадках.

В это же время, в поле на растениях картофеля встречаются единичные особи лугового клопа и черемухово-злаковой тли около 1 особи на 10 растений, тля обнаружена на осоте полевом, картофельной коровки – по 1-2 шт. на 2-3 растениях картофеля. Во второй декаде мая картофельная коровка обильно встречается в лесу на дубе, клене, чистотеле обыкновенном, пырее ползучем, черемухе обыкновенной, бересклете крылатом. С третьей декады мая картофельная коровка становится основным вредителем на картофельном поле, появляются первые яйцекладки насекомого. Частота встречаемости картофельной коровки в агроэкосистеме картофельного поля составляет 70 %, лугового клопа около 17 %, около 22 % приходится на виды из семейства тли. С конца второй декады мая агрофитоценоз картофельного поля представлен всеми выявленными видами сорных растений, которые указаны выше. В весенних насекомых и растениях нами обнаружены вирусы PVY, PVS и PLRV (щавель конский, черемуха, чистотел, луговой клоп, гусеница совки, картофельная коровка), в летних пробах в насекомых и растениях обнаружен весь спектр изучаемых нами фитовирусов картофеля. Причем, в растениях происходило увеличения разнообразия вирусов. Так, в щавеле конском в весенний период мы обнаружили PVY, PLRV и PVS, а в конце августа растение носительствовало PVY, PVX, PLRV, PVM, PVS, PSTVd. Таким образом, в результате исследования было установлено, что степень проявления и скорость накопления фитовирусной инфекции тесно связана со сроками развития сеgetальной растительности, насекомых-векторов и растения-реципиента.

ГЛАВА 5. ПЕРЕНОС ФИТОВИРУСОВ КАРТОФЕЛЯ НАСЕКОМЫМИ НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛЬНОГО ОБЪЕКТА – КАРТОФЕЛЬНОЙ КОРОВКИ *HENOSEPILACHNA VIGINTIOCTOMACULATA* (MOTCHULSKY, 1858)

5.1 Содержание картофельной коровки в условиях инсектария

Препараты Экзифин и Кетоконазол были использованы для профилактики и лечения микозов в инсектарной популяции. Эффективность Экзифина незначительно (в 1,03) превосходила эффективность Кетоконазола. В целом, применение фармакологических препаратов в инсектарии с целью лечения микозов у насекомых возможно как при оптимизации культивирования, так и для оздоровления особей в экспериментах с переносом патогенов, применением биологических средств защиты растений.

Для эффективного регулирования численности насекомых в инсектарии с

одновременным снижением заболеваемости путем иммуностимуляции, нами был проведен сравнительный анализ состава растворов, которыми допаивали картофельную коровку. В результате эксперимента установлено, что выращивание личинок и имаго *H. vigintioctomaculata* на картофеле сорта Смак с одновременным допаиванием раствором, содержащим рибофлавин, увеличивает количество яйцекладок и отрожденных личинок, при этом уменьшается смертность насекомых и увеличивается их масса (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние питательных растворов на массу тела, плодовитость, количество личинок *Henosepilachna vigintioctomaculata*

Вариант	Масса тела <i>H. vigintioctomaculata</i> , мг		Яйцекладки, шт.		Личинки, шт.	Смертность, %
	на 1-е сутки	на 20-е сутки	кол-во яйцекладок	кол-во яиц в яйцекладке		
№ 1	0,04461±0,001	0,04565±0,001	8,0±1,0	23,0±0,5	20±1	8,5
№ 2	0,04204±0,001	0,03983±0,001	0,0	0,0	0,0	15,0
№ 3	0,04325±0,001	0,03918±0,001	1,0±0,01	38,0±0,5	17±0,5	10,0
№ 4	0,04426±0,001	0,04678±0,001	3,0±0,1	24,0±0,5	21±1	9,5
№ 5	0,04294±0,001	0,0461±0,001	10,0±1,0	25,0±0,5	24±1	1,5
№ 6	0,04309±0,001	0,04341±0,001	3,0±0,1	30,0±0,5	23±1	3,0
№7	0,04338±0,001	0,04105±0,001	3,0±0,1	15,0±0,5	12±1	15,0

Примечание: №1: тиамин гидрохлорид (витамин В1) 100,00 мг, цианокобаламин (витамин В12) 0,20 мг; №2: 100 мг глутамин; №3: 100 мг аргинина; №4: 100 мг аспаргина; №5: 100 мг рибофлавина; №6: 100 мг цистеина; 7 вариант – контроль, дистиллированная вода. В состав растворов №1 – №6 входит: тербинафина гидрохлорид (экзифин) 281,31 мг, пиридоксин гидрохлорид (витамин В6) 0,5 мл, 1,830 г сахарозы, дистиллированная вода остальное. №5 выделен цветом как самый оптимальный вариант, № 7 – контроль.

Таким образом, разведение *H. vigintioctomaculata* на листьях картофеля сорта Смак с дополнительным допаиванием раствором, содержащим рибофлавин, тербинафина гидрохлорид (экзифин), пиридоксин гидрохлорид (витамин В6) и сахарозу позволяет повысить показатели жизнеспособности, плодовитости, уменьшения смертности.

Изначально в общей выборке картофельной коровки были обнаружены вирусы мозаичной группы: PVY, PVX, PVS, PVM, PVA, а также PLRV и PSTVd (рисунок 4).

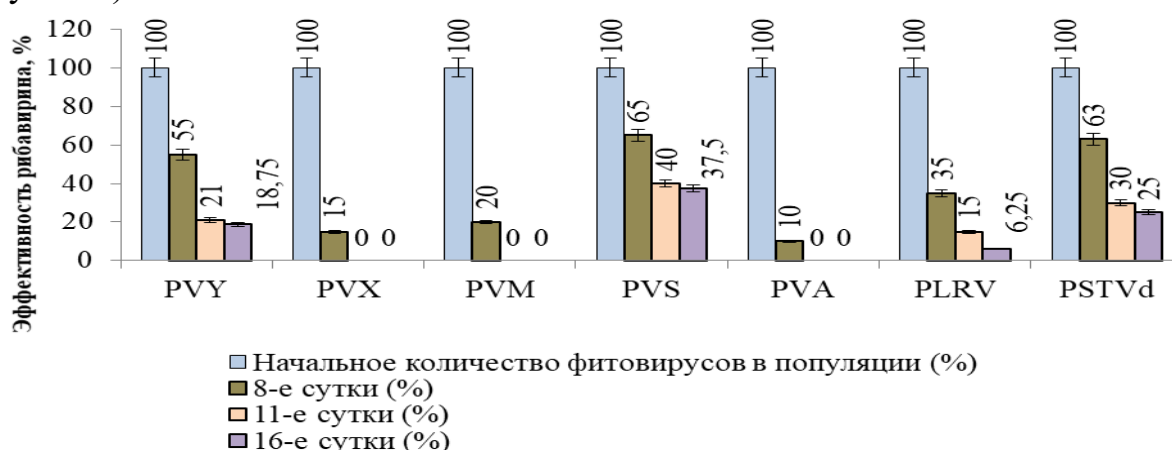


Рисунок 4 – Эффективность применения препарата рибавирин в элиминации инсектарной популяции картофельной коровки от фитовирусов картофеля

В результате наших исследований, к концу эксперимента на 16 сутки полностью оздоровленными оказались 25 % особей. При этом в 100 % случаях

особи были свободны от PVX, PVM и PVA, в 6,25 % обнаруживался PLRV, в 18,75 % – PVY, а PSTVd носительствовали 25 % насекомых (рисунок 4).

5.2 Фитовирусы картофеля на различных стадиях онтогенеза в теле картофельной коровки

В ходе проведенного исследования в телах картофельных коровок, собранных в природных популяциях, нами были обнаружены вирус скручивания листьев картофеля, вириод веретеновидности клубней картофеля, вирус картофеля S, вирус картофеля Y, вирус картофеля M, вирус картофеля X, наличие вируса картофеля A установлено не было. При этом количественно преобладали PVS и PVM (Собко, 2023) (рисунок 5). Фитовирусы в популяции *H. vigintioctomaculata* распределялись следующим образом: PVY и PVM встречались у насекомых в 71,00 % случаях, 43,00 % картофельных коровок носительствовали PVX, PVS и PLRV, в популяции картофельной коровки PSTVd встречался у 28,60 % особей, а PVA обнаружен не был (Собко, Мацишина, 2023).

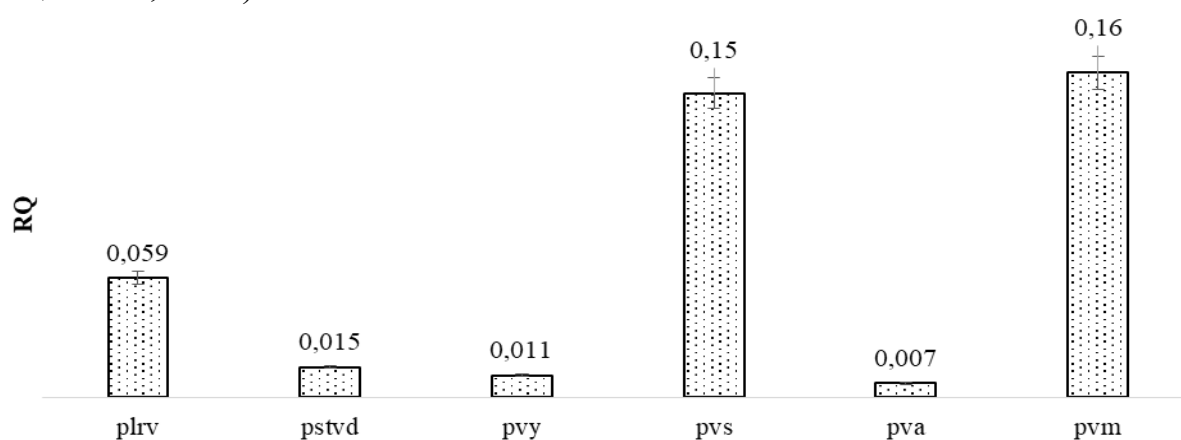


Рисунок 5 – Количественное соотношение фитовирусной инфекции в теле картофельной коровки (количественная ПЦР).

(цит. по Собко, Мацишина, 2023)

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 кишечнике 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. Таким образом, нами была выявлена локализация фитовирусов в теле картофельной коровки (Собко, Мацишина, 2023).

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 слабоположительный сигнал для PSTVd, 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 (Собко, Мацишина, 2023) (таблица 4).

Таблица 4 – Содержание фитовирусов картофеля в теле картофельной коровки на различных стадиях развития (цит по Собко, Мацишина, 2023)

Стадия развития	Вирусы						
	PLRV	PVM	PSTVd	PVS	PVA	PVY	PVX
Яйцекладка	-	-	-	+	-	+	-
Личинка	-	-	+/-	+	-	+	-
Куколка	-	-	-	+	-	+	-
Отродившееся имаго	-	-	-	-	-	+	-
Взрослая особь	+	+	+	+	-	+	+

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

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 Феререс и Ракка, 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). Вертикальная передача вирусов между поколениями насекомых-переносчиков гарантирует выживание в неблагоприятных для горизонтальной передачи условиях, напрямую влияя на вирусную экологию и эпидемиологию (Wu et al., 2022).

5.3 Векторные свойства картофельной коровки

В наших исследованиях мы обнаружили, что *H. vigintioctomaculata* в процессе питания переносит на оздоровленные растения картофеля все исследуемые фитовирусы (рисунок 6) (Sobko, 2024).

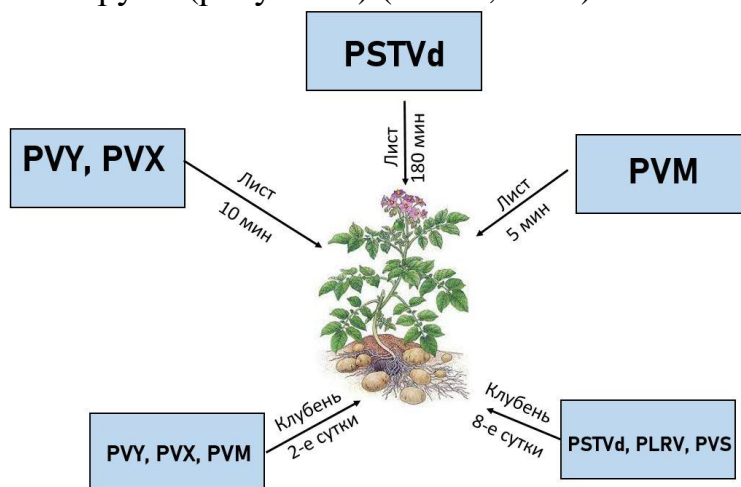


Рисунок 6 – Перенос фитовирусов картофеля *Henosepilachna vigintioctomaculata* (время от начала питания фитофагом до появления фитовирусов в растении)

Мы наблюдали быстрое распространение по растению PVM, PVY, PVX, причем PVM нами обнаружен в листьях картофеля через 5 минут после того, как насекомые питались на растениях, PVY и PVX через 10 минут, а PSTVd через 180 минут, PVS и PLRV были обнаружены в клубнях и столонах на 8 сутки, а PVY, PVM, PVX обнаружены в клубнях на 2-е сутки (рисунок 6) (Sobko, 2024).

5.4 Трофические связи картофельной коровки с зараженными и здоровыми растениями картофеля

В наших исследованиях по дистантной ориентации картофельной коровки стратегия поведения фитофагов по отношению к больным и здоровым листьям картофеля резко отличались, на здоровых листьях насекомых было больше, они активно питались и откладывали яйца (Sobko, 2024). Также различалась пищевая активность и самих насекомых. Имаго, которые не носительствовали фитовирусную инфекцию (условно «здоровые»), были менее активными, чем насекомые-векторы, на протяжении всего исследования они проявляли стратегию расселения, пытались отдалиться как можно дальше друг от друга – до 60 % всех особей выборки. *H. vigintioctomaculata*, в которых обнаружены фитовирусы картофеля, питались преимущественно на здоровых листьях картофеля, через 10 мин. на здоровых листьях насчитывалось до 44 % всех насекомых, и к концу эксперимента, через 240 мин., 72 % насекомых питались здоровыми листьями картофеля, 8 % – на больных листьях, а 20 % ползали по садку (рисунок 7) (Sobko, 2024).

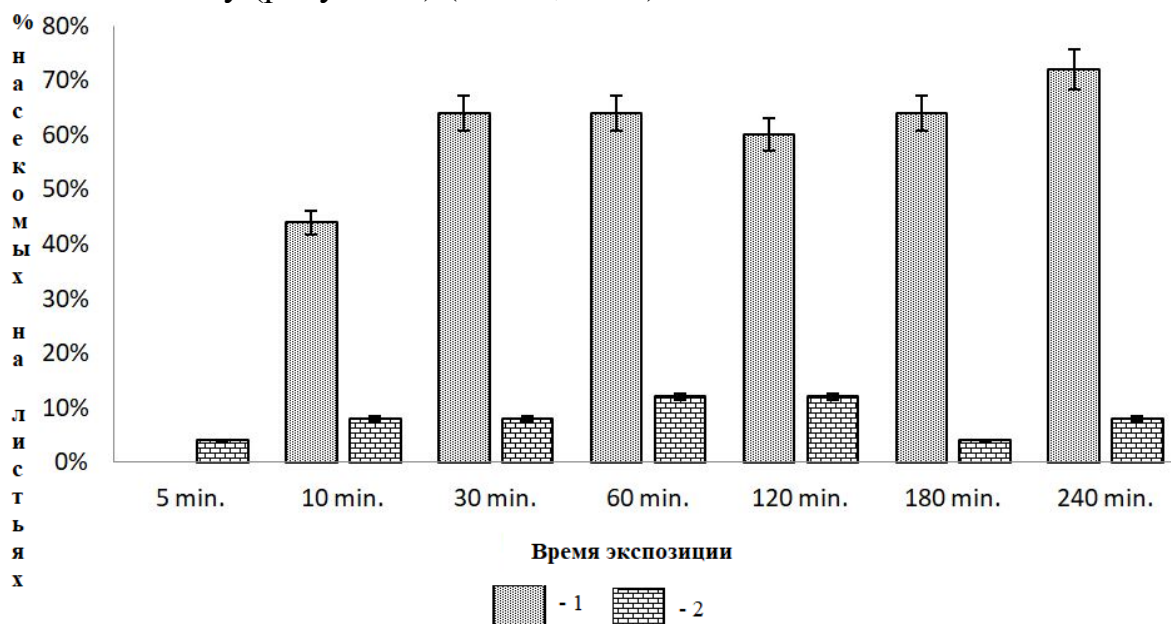


Рисунок 7 – Дистантная ориентация «больных» *H. vigintioctomaculata*

Примечание: 1 – % зараженных насекомых на листьях здоровых растений; 2 – % зараженных насекомых на листьях картофеля инфицированных фитовирусами (PVY, PVM, PVX, PVS, PLRV, PSTVd (цит. по Собко, 2024)

По результатам наших исследований картофельная коровка является вектором для фитовирусов картофеля (Sobko, 2024), так как она отвечает критериям, определяющим специфичность взаимоотношений переносчика и возбудителя болезней (Алексеев и др., 1988; Чунихин, 1989; Сафонова и др., 2022): в *H. vigintioctomaculata* происходит размножение PVY, так как он присутствует на протяжении всего жизненного цикла в теле насекомого и может передаваться из поколения в поколение (Собко, Мацишина, 2023); фитовирусы картофеля относительно безвредны для картофельной коровки, сам фитофаг обладает высокоэффективными механизмами передачи инфекции: способен к значительным перелетам, питается и размножается в массе на картофеле, появляется на растениях с начало всходов (Ernak et al., 2022), кроме

того перед тем как перейти на картофельные поля и после уборки урожая картофельная коровка питается на сорных растениях, резерваторах вирусной инфекции (Собко, 2023). Так, после питания на осоте полевом (*Sonchus arvensis* L.), инфицированном PVS, *H. vigintioctomaculata* переходит на картофель, а с картофеля – на сорные растения. Питание картофельной коровки на растениях-резерваторах так же, как и циркуляция в гемолимфе вектора фитовирусов, способствует выживанию патогена в межвегетационный период (Sobko, 2024).

5.5 Хемотаксис картофельной коровки в отношении аминокислот картофеля

По нашим данным, разное содержание аминокислот в листьях картофеля зависело от того, имелась ли вирусная инфекция в растениях. Содержание цистеина в листьях с максимальной вирусной нагрузкой превышало в среднем в 11,4 раза показатель содержания данной аминокислоты в безвирусных растениях. Количество глутамина в 8,3 раза увеличилось в растениях с максимальной вирусной нагрузкой, и в 4,1 раза в растениях с минимальной вирусной нагрузкой по сравнению с безвирусными растениями. Насекомые-фитофаги в процессе поиска пищи ориентируются на летучие вещества, выделяемые растениями. Пищевые аттрактанты являются регуляторами поведения взрослых особей. В эксперименте по влиянию аминокислот на хемотаксис картофельной коровки насекомые выбирали ватные шарики с цистеином. В начале эксперимента и до пяти минут в чашках Петри с цистеином наблюдали 5 ± 1 коровку, причем $3 \pm 0,5$ осуществляли акт питания, на аргинине насекомых не наблюдалась, глицин и изолейцин привлекли по $1 \pm 0,5$ картофельной коровки, в чашках Петри с раствором аспарагина насчитывалось $2 \pm 0,5$ особей, раствор глутамина также привлек одну картофельную коровку. К концу эксперимента насекомые фиксировали только на шариках с цистеином. Через пять минут от начала эксперимента в чашках Петри с цистеином насчитывалось 8 ± 1 особей, из которых две приступили к спариванию, две так и продолжали питаться, через восемь минут насчитывалось 10 ± 1 особей, через 13 минут наблюдали 18 ± 1 насекомых на ватном шарике с раствором цистеина. Раствор глутамина к концу эксперимента привлек $2 \pm 0,5$ особей, одно насекомое питалось на ватке с глутамином. На чашках Петри с аргинином через пять минут была обнаружена одна особь картофельной коровки, которая потом перешла на цистеин, также к концу эксперимента на цистеин перешли насекомые с чашек Петри с изолейцином, аргинином и глицином (рисунок 8).

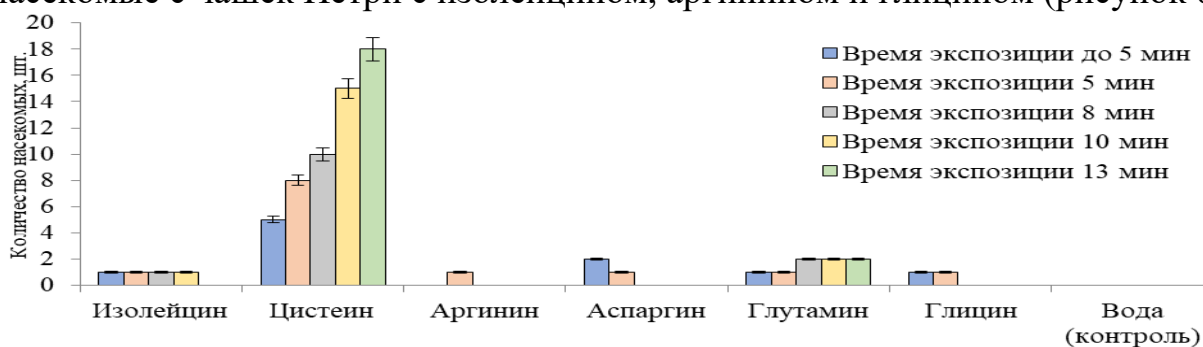


Рисунок 8 – Влияние аминокислот на хемотаксис *H.vigintioctomaculata*

В естественной среде насекомые сталкиваются с гораздо более сложным набором летучих веществ, которые они используют для принятия

поведенческих решений. Выявление потенциальных соединений, которые действуют как аттрактанты или репелленты на переносчиков вирусов растений, будет способствовать надлежащему управлению распространения векторами фитовирусной инфекции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами изучена энтомофауна агроценозов картофеля в Приморском крае. В посадках картофеля обнаружено 67 видов насекомых: основная доля приходится на фитофагов, для которых картофель является пищевым ресурсом. Векторами хозяйственно значимых вирусов в агроценозе картофеля являются *Cicadella viridis*, *Henosepilachna vigintioctomaculata*, *Dolycoris baccarum*, *Mythimna separata*, *Lygus pratensis*, *Myzus persicae*, *Rhopalosiphum padi*, *Phaedon cochleariae*. Согласно нашим исследованиям, основным фитофагом в агроценозе является *Henosepilachna vigintioctomaculata*. Кроме того, агроценоз картофеля включает насекомых-энтомофагов, в наших исследованиях это насекомые, относящиеся к семейству Coccinellidae и Carabidae. Также для агроценозов картофельных полей характерны случайные насекомые, к таким видам в нашем исследовании относятся *Moechotypa diphysis*, *Deltote bankiana*. Разнообразие насекомых-векторов и переносимых ими вирусов свидетельствует о том, что агроценоз картофеля является стабильной многофакторной структурой.

Таким образом, мы делаем следующие выводы:

1. Энтомофауна картофельного поля представлена 67 видами насекомых. В агроценозе картофельного поля Приморского края выявлено 29 видов 7 семейств, относящихся к отряду Coleoptera; отряд Hemiptera в агроценозе картофеля представлен 6 семействами 12 видами; отряд Lepidoptera представлен 3 семействами 10 видами; отряд Diptera представлен 5-ю семействами 5 видами; отряд Hymenoptera – 3 семействами, 4 видами, отряд Thysanoptera представлен 1 семейством 3 видами, отряд Neuroptera – 1 семейство 1 вид, отряд Orthoptera представлен 3 семействами 3 видами.

2. Наибольшим видовым разнообразием и относительно равномерным распределением видов насекомых характеризовались агроценозы картофеля, расположенные в с. Фадеевка, с. Пуциловка и пос. Тимирязевский. Энтомофауна агроценозов картофеля в с. Новолитовск и с. Боголюбовка обеднена вследствие применения химических пестицидов, индекса Маргалёфа равен 0,53 и 0,40 соответственно.

3. Энтомофауна агроценозов пос. Тимирязевский – с. Пуциловка, пос. Тимирязевский – с. Фадеевка и пос. Тимирязевский – с. Анучино характеризуются сходством по коэффициенту Жаккара и Сёренсена-Чекановского.

4. Векторами вирусной инфекции в агроценозах картофельных полей Приморского края являются *Cicadella viridis*, *Henosepilachna vigintioctomaculata*, *Dolycoris baccarum*, *Mythimna separata*, *Lygus pratensis*, *Myzus persicae*, *Rhopalosiphum padi*.

5. Растения-резерваторы фитовирусной инфекции являются кормовыми для фитофагов, обитающих в агроценозах картофельных полей. Резерваторами являются 18 видов из 43 описанных. Ассоциативная вирусная инфекция

включает PVY, PVX, PVM, PVS, PLRV и PSTVd.

6. Определяющим фактором в поисках пищи у картофельной коровки являются физиологические изменения в организмах насекомого и растения, обусловленные наличием или отсутствием фитовирусов: носители фитовирусной инфекции в 72% случаев питались на здоровых растениях.

7. Вирус PVY присутствует на протяжении всего жизненного цикла в теле картофельной коровки и может передаваться из поколения в поколение. *H. vigintioctomaculata* несет PVY и PVM (71%), PVX, PVS и PLRV (43%), PSTVd (28,6%).

8. Аминокислота цистеин является аттрактантом для особей картофельной коровки.

9. Фармакологические препараты способствуют оздоровлению лабораторной колонии картофельной коровки. Применение препарата экзифин приводит к выздоровлению 89,4% насекомых, зараженных *Beauveria bassiana*; препарат рибавирин освобождает организм картофельной коровки от фитовирусов картофеля при инсектарном содержании (до 25 % особей).

10. Выращивание личинок и имаго *H. vigintioctomaculata* на картофеле сорта Смак с одновременным допаиванием раствором, содержащим рибофлавин и пиридоксин гидрохлорид (витамина В6), увеличивает плодовитость насекомых, при этом уменьшается смертность и увеличивается их масса.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Содержит скан-копии Акта внедрения результатов исследования и свидетельство победителя конкурсного отбора на назначение стипендии президента РФ, 2 таблицы с данными пятибалльной логарифмической шкалы оценки обилия видов в агроценозе картофеля по данным выкосов и по данным почвенных ловушек.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные ведущих рецензируемых журналах из списка ВАК

1. Influence of the temperature and humidity on the development time of eggs and immature stages of *Lygus pratensis* (Linnaeus, 1758) (Heteroptera: Miridae) in Primorsky krai / N.V. Matsishina, **О.А. Sobko**, A.S. Didora [et al.] // Far Eastern Entomologist. – 2020. – No. 413. – P. 15-19. – DOI: 10.25221/fee.413.3. (Scopus Q2, ВАК К1, Белый список (уровень 1))

2. **Собко О.А.** Роль *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858 (Coleoptera:Coccinellidae) в переносе фитовирусов картофеля / О.А. Собко, Н.В. Мацишина // Амурский зоологический журнал. – 2023. – Т. 15, № 4. – С. 772-780. – DOI: 10.33910/2686-9519-2023-15-4-772-780. (ВАК К1, Белый список (уровень 1))

3. **Собко О. А.** Роль *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858 (Coleoptera:Coccinellidae) в переносе фитовирусов картофеля / О.А. Собко, Н.В. Мацишина // Амурский зоологический журнал. – 2023. – Т. 15, № 4. – С. 772-780. – DOI: 10.33910/2686-9519-2023-15-4-772-780. (ВАК К1, Белый список (уровень 1))

(уровень 1)

4. **Sobko O.A.** On the vector properties of *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858 (Coleoptera: Coccinellidae) in the transmission of potato viruses // Far Eastern Entomologist. – 2024. – No. 501. – P. 17-24. – DOI: 10.25221/fee.501.2. (Scopus Q2, ВАК К1, Белый список (уровень 1))

5. Фотопериодические реакции популяции коровки *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motsch. (Coleoptera, Coccinellidae) из Приморского края России / М.В. Ермак, Н.В. Мацишина, **О.А. Собко**, П.В. Фисенко // Амурский зоологический журнал. – 2024. – Т. 16, № 4. – С. 969-978. – DOI: 10.33910/2686-9519-2024-16-4-969-978. (ВАК К1, Белый список (уровень 1))

6. Собко О.А. Капустный листоед *Phaedon cochlearia* (Fabricius, 1792) (Coleoptera, Chrysomelidae) в Приморском крае // Амурский зоологический журнал. – 2025. – Т. 17. – No 2. – С. 192–198. – DOI: 10.33910/2686-9519-2025-17-2-192-198. (ВАК К1, Белый список (уровень 1))

Статьи, опубликованные в других изданиях:

7. Предварительная оценка сортов картофеля отечественной и зарубежной селекции на устойчивость к картофельной двадцативосьмиточечной коровке *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motch. (Fabricius, 1775) в Приморском крае / Н.В. Мацишина, А.С. Шайбекова, Н.Г. Богинская, **О.А. Собко**, Д.И. Волков, И.В. Ким // Овощи России. – 2019. – № 6(50). – С. 116-119. – DOI: 10.18619/2072-9146-2019-6-116-119. (ВАК К2, Белый список (уровень 2))

8. Potato viruses of 7 commercial cultivars grown in field Primorsky Krai of Russia / **О.А. Собко**, P.V. Fisenko, I.V. Kim, N.V. Matsishina // Vegetable Crops of Russia. – 2022. – No. 1. – P. 79-85. – DOI: 10.18619/2072-9146-2022-1-79-85. (ВАК К2, Белый список (уровень 2))

9. **Собко О.А.** Флористический состав агроэкосистемы картофеля в Приморском крае // АгроЭкоИнфо. – 2023. – № 4(58). – DOI: 10.51419/202134418. (ВАК К3)

10. Оздоровление перспективных сортов картофеля с применением комбинированной терапии в культуре *in vitro* / Е.В. Шищенко, Е.Н. Барсукова, И.В. Ким, **О.А. Собко**, А.С. Чибизова // Аграрная наука. – 2023. – № 9. – С. 116-119. – DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-116-119. (ВАК К2, Белый список (уровень 2))

11. Связь между демографией и потреблением пищи у *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motch. / Н.В. Мацишина, М.В. Ермак, П.В. Фисенко, **О.А. Собко** // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 4(193). – С. 44-50. – DOI: 10.36718/1819-4036-2023-4-44-50. (ВАК К1, Белый список (уровень 3 – 2023; 1 – 2025))

12. Динамика природных популяций *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1857 (Coleoptera: Coccinellidae) в Приморском крае / Н.В. Мацишина, П.В. Фисенко, М.В. Ермак, **О.А. Собко** // Овощи России. – 2023. – № 1. – С. 80-86. – DOI: 10.18619/2072-9146-2023-1-80-86. (ВАК К2, Белый список (уровень 2))

13. **Sobko O.A.** Plant viruses in the system of seed potato production / O.A. Sobko, P.V. Fisenko, I.V. Kim // Vegetable Crops of Russia. – 2024. – No. 1. – P.

74-80. – DOI: 10.18619/2072-9146-2024-1-74-80. (ВАК К2, Белый список (уровень 2))

Работы, опубликованные в материалах международных и всероссийских конференций, индексируемые в Scopus:

14. Viruses in the agrobiocenosis of the potato fields / **O.A. Sobko**, N.V. Matsishina, P.V. Fisenko [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Krasnoyarsk, 18-20 ноября 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Vol. Volume 677. – Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 52093. – DOI: 10.1088/1755-1315/677/5/052093.

15. Phytoviruses in the Potato Field Tripartite Agroecosystem / **O. Sobko**, N. Matsishina, P. Fisenko [et al.] // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East : Agricultural Innovation Systems, Volume 1, Volozhenin, 21–22 июня 2021 года. Vol. 353. – Ussuriysk: Springer, 2022. – P. 434-442. – DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_49.

16. Varietal preferences of *Rhopalosiphum padi* Linnaeus, 1758 in the Far East South / N.V. Matsishina, **O.A. Sobko**, P.V. Fisenko [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 723, No. 2. – P. 022004. – DOI: 10.1088/1755-1315/723/2/022004.

Публикации в сборнике конференций, индексируемых в РИНЦ:

17. Мацишина, Н. В. Особенности биологии зимующих стадий восточной луговой совки *Mythimna separata* Walker, 1865 (Lepidoptera: Noctuidae) в Приморском крае / Н.В. Мацишина, **O.A. Собко**, Н.Г. Богинская // Чтения памяти Алексея Ивановича Куренцова. – 2019. – № 30. – С. 229-231. – DOI: 10.25221/kurentzov.30.22. (РИНЦ)