

ФИТОСАНИТАРИЯ. КАРАНТИН РАСТЕНИЙ

PLANT HEALTH AND QUARANTINE

Свидетельство
о регистрации СМИ ПИ
№ ФС 77-76606
ISSN: 2782-327X

Русско-английский научный журнал

Декабрь № 4 (21) 2024

СТАТЬЯ НОМЕРА:

Ключ для идентификации
гусениц чешуекрылых –
вредителей зерна

7



Потенциальный ущерб
от сорных растений при АФР

28

Редакционная коллегия Editorial board

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

СОЛОВЬЕВ А.А. – доктор биологических наук, профессор, профессор РАН, заместитель директора ФГБУ «ВНИИР»,
e-mail: solovievaa@vniir.ru

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА:

КАРМАЗИН А.П. – кандидат биологических наук, заместитель Руководителя Россельхознадзора, Москва, Россия

ДОЛЖЕНКО В.И. – академик РАН, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, руководитель центра биологической регламентации пестицидов, старший научный сотрудник ФГБНУ ВИЗР, Санкт-Петербург, Россия

ЛАЧУГА Ю.Ф. – академик РАН, профессор, доктор технических наук, член Президиума РАН, Москва, Россия

СОЛОВЬЕВА Н.Н. – кандидат биологических наук, начальник Управления фитосанитарного надзора при экспортно-импортных операциях и международного сотрудничества Россельхознадзора, Москва, Россия

МУСОЛИН Д.Л. – доктор биологических наук, научный сотрудник, Европейская и Средиземноморская организация по защите растений, Париж, Франция

ШАМИЛОВ А.С. – кандидат биологических наук, эксперт ФАО по сельскому хозяйству, заместитель начальника группы по разработке стандартов Секретариата МККЭР, Рим, Италия

УПАДЫШЕВ М.Т. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, член-корреспондент РАН, заведующий отделом биотехнологии и защиты растений ФГБНУ «ВСТИСП», Москва, Россия

ПРИДАННИКОВ М.В. – кандидат биологических наук, заведующий лабораторией фитопаразитологии, Центр паразитологии ИПЭЭ РАН Центра паразитологии при ИПЭЭ РАН им. А.Н. Северцова, Москва, Россия

БАЛАШОВА И.Т. – доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории новых технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», поселок ВНИИССОК, Одинцовский городской округ, Московская обл., Россия

ДЖАЛИЛОВ Ф.С.-У. – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой защиты растений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

УСКОВ А.И. – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом биотехнологии и иммунодиагностики ФГБНУ ВНИИХ им. А.Г. Лорха, д. п. Красково, г. Люберцы, Московская обл., Россия

КОРНЕВ К.П. – кандидат биологических наук, заместитель директора ФГБУ «ВНИИР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия

ШНЕЙДЕР Ю.А. – кандидат биологических наук, начальник научно-методического отдела вирусологии ФГБУ «ВНИИР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия

РЕДАКЦИЯ:

ЗИНОВЬЕВА С.Г. – шеф-редактор, специалист по связям с общественностью редакционно-издательского отдела ФГБУ «ВНИИР»

ТУЛАЕВА К.С. – редактор-корректор

БОНДАРЕНКО Г.Н. – начальник ИЛЦ ФГБУ «ВНИИР», кандидат биологических наук

КАРИМОВА Е.В. – начальник научно-методического отдела вирусологии и бактериологии ФГБУ «ВНИИР», кандидат биологических наук

ДРЕНОВА Н.В. – старший научный сотрудник научно-методического отдела бактериологии ФГБУ «ВНИИР»

КАСАТКИН Д.Г. – ведущий научный сотрудник Ростовского филиала ФГБУ «ВНИИР», кандидат биологических наук

КУЛАКОВА Ю.Ю. – ведущий научный сотрудник – начальник научно-методического отдела инвазивных видов растений ФГБУ «ВНИИР», кандидат биологических наук

КУРБАТОВ С.А. – начальник научно-методического отдела энтомологии ФГБУ «ВНИИР», кандидат биологических наук

КУЧЕРЯВЫХ В.С. – переводчик, кандидат филологических наук

СПЕЦИАЛЬНОСТИ:

4.1.3 – Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

4.1.1 – Общее земледелие и растениеводство

4.1.2 – Селекция, семеноводство и биотехнология растений

CHIEF EDITOR:

A. A. SOLOVIEV – Doctor of Advanced Studies in Biology, Professor, Professor of the RAS, Deputy Director of FGBU “VNIIR”,
e-mail: solovievaa@vniir.ru

EDITORIAL BOARD:

A.P. KARMAZIN – PhD in Biology, Deputy Head of Rosselkhoz nadzor, Moscow, Russia

V.I. DOLZHENKO – Member of the RAS, Professor, Doctor of Advanced Studies in Agriculture, Head of the Center for Pesticides Biological Regulation, Senior Researcher of FSBSI VIZR, Saint Petersburg, Russia

YU.F. LACHUGA – RAS Member of the, Professor, Doctor of Advanced Studies in Engineering, RAS Presidium member, Moscow, Russia

N.N. SOLOVYOVA – PhD in Biology, Head of the Department of Phytosanitary Surveillance for Export-Import Operations and International Cooperation of Rosselkhoz nadzor, Moscow, Russia

D.L. MUSOLIN – Doctor of Advanced Studies in Biology, Researcher, EPPO, Paris, France

A.S. SHAMILOV – PhD in Biology, FAO Expert in Agriculture, Deputy Head of IPPC Secretariat Standards Development Group, Rome, Italy

M.T. UPADYSHEV – Doctor of Advanced Studies in Agriculture, Professor of the RAS, Corresponding Member of the RAS, Head of the Biotechnology and Plant Protection Department of FGBNU “All-Russian Horticultural Institute for Breeding, Agrotechnology and Nursery”, Moscow, Russia

M.V. PRIDANNIKOV – PhD in Biology, Deputy Director of the Center of Parasitology of A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, RAS, Moscow, Russia

I.T. BALASHOVA – Doctor of Advanced Studies in Biology, Chief Researcher of the Laboratory of New Technologies of FGBNU “Federal Scientific Center of Vegetable Growing”, VNIISOK, Odintsovo city district, Moscow Oblast, Russia

F.S. DZHALILOV – Doctor of Advanced Studies in Biology, Professor, Head of the Plant Protection Laboratory at Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

A.I. USKOV – Doctor of Advanced Studies in Agriculture, Head of the Biotechnology and Immunodiagnosics Department of FGBNU “Lorch Potato Research Institute”, Kraskovo, Lyubertsy, Moscow Oblast, Russia

K.P. KORNEV – PhD in Biology, Deputy Director of FGBU “VNIIR”, Bykovo, Urban district Ramensky, Moscow Oblast, Russia

YU.A. SHNEYDER – PhD in Biology, Head of Scientific Department of Virology, FGBU “VNIIR”, Bykovo, Urban district Ramensky, Moscow Oblast, Russia

EDITORSHIP:

S.G. ZINOVYEVA – Editor-in-Chief, PR specialist of Editorial and Publishing Department, FGBU “VNIIR”

K.S. TULAEVA – Copy Editor

G.N. BONDARENKO – Head of the Testing Laboratory Center of FGBU “VNIIR”, PhD in Biology

E.V. KARIMOVA – Head of the Scientific and Methodological Department of Virology and Bacteriology of the FGBU “VNIIR”, PhD in Biology

N.V. DRENOVA – Senior Researcher, Research and Methodology Department of Virology and Bacteriology, FGBU “VNIIR”

D.G. KASATKIN – Leading Researcher of the Rostov Branch of FGBU “VNIIR”, PhD in Biology

YU.YU. KULAKOVA – Leading Researcher, Head of Research and Methodology Department of Invasive Plant Species, FGBU “VNIIR”, PhD in Biology

S.A. KURBATOV – Head of the Entomological Research and Methodology Department of FGBU “VNIIR”, PhD in Biology

V.S. KUCHERYAVYKH – Translator, PhD in Philology

SPECIALTIES:

4.1.3 – Agrochemistry, agricultural soil science, plant protection and quarantine

4.1.1 – General farming and crop production

4.1.2 – Breeding, seed production and plant biotechnology

Содержание | Content

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Об участии специалистов ФГБУ «ВНИИКР»
в VII Международном симпозиуме
по болезням томата

ШНЕЙДЕР Ю.А., ЛОЗОВАЯ Е.Н.

INTERNATIONAL COOPERATION

On the participation of FGBU “VNIIKR” specialists
in the VII International Symposium
on Tomato Diseases

YURI A. SHNEYDER, EVGENIYA N. LOZOVAYA

ИДЕНТИФИКАЦИЯ

Иллюстрированный ключ для идентификации
гусениц чешуекрылых – вредителей запасов
(Lepidoptera), регулируемых странами –
импортерами российской зерновой продукции

ЛОВЦОВА Ю.А., КОВАЛЕНКО М.Г., КАМАЕВ И.О.

IDENTIFICATION

Illustrated identification key for Lepidoptera
larvae – stored product pests regulated
by countries importing Russian grain products

JULIA A. LOVTSOVA, MARGARITA G. KOVALENKO,
ILYA O. KAMAYEV

АНАЛИТИКА

К вопросу о таксономическом статусе
и фитосанитарном значении пшеничного клопа
Blissus leucopterus (Say, 1832)

ГРЕБЕННИКОВ К.А., КУЛАКОВА Ю.Ю.

The taxonomic status and phytosanitary
significance of *Blissus leucopterus* (Say, 1832)

KONSTANTIN A. GREBENNIKOV,
YULIANA YU. KULAKOVA

Вопросы оценки возможного негативного
воздействия вредных организмов (сорных
растений) при осуществлении анализа
фитосанитарного риска

КУЛАКОВА Ю.Ю., КУЛАКОВ В.Г.,
ГРЕБЕННИКОВ К.А.

Issues of assessing the possible
negative impact of pests (weeds)
when carrying out pest risk analysis

YULIANA YU. KULAKOVA, VITALY G. KULAKOV,
KONSTANTIN A. GREBENNIKOV

ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Использование синтетического
феромона томатной моли *Tuta absoluta*
для интегрированной защиты томатов
в закрытом грунте

РАСТЕГАЕВА В.М., АБАСОВ М.М., КУЗИНА И.П.,
СИНИЦЫНА Е.В., ШИРОКОВА О.А.

FIELD TESTS

Use of synthetic pheromone of *Tuta absoluta*
for integrated protection of tomatoes
in protected ground

VALENTINA M. RASTEGAEVA,
MUZAFAR M. ABASOV, NINA P. KUZINA,
EKATERINA V. SINITSYNA, OKSANA A. SHIROKOVA

Журнал «Фитосанитария. Карантин
растений» зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых
коммуникаций (Роскомнадзор),
свидетельство о регистрации
ПИ № ФС 77-76606
от 15 августа 2019 года
Фото на обложке: Имаго
мучной огневки *Pyralis farinalis*
(фото Ю.А.Ловцовой).
Дизайн и верстка: Мария Бондарь

Учредитель: ФГБУ «ВНИИКР»,
140150, Московская область, г. о. Раменский,
р. п. Быково, ул. Пограничная, д. 32
Издатель: ООО «Вейнард»
Телефон редакции: 8 (495) 925-06-34
Электронная почта: veinardltd@gmail.com
Подписной индекс АО «Почта России» – ПМ 126
Отпечатано в типографии ООО «ГРАН ПРИ»,
152900, Ярославская область,
г. Рыбинск, ул. Луговая, 7
Тираж 3000 экз.
Подписано в печать: 09.12.2024
Дата выхода в свет: 27.12.2024

The Journal “Plant Health
and Quarantine” is registered
by the Federal Service for Supervision
of Communications, Information
Technology and Mass Media
(Roskomnadzor),
Registration Certificate
No. FS 77-76606, August 15, 2019
Design & Composition: Mariya Bondar
Establisher: FGBU VNIIKR,
140150, Moskovskaya oblast,
Urban district Ramensky, r. p. Bykovo,
Pogranichnaya ulitsa, 32

Publisher: ООО “Veynard”
Editorial Board Office:
Tel: +7 (495) 925-06-34
E-mail: veinardltd@gmail.com
Subscription index
JSC Russian Post – PM 126
Printing house:
GRAND PRI,
7 Lugovaya St., Rybinsk,
Yaroslavl Oblast, 152900
Circulation: 3000 copies
Approved for print: 09/12/2024
Issue date: 27/12/2024

DOI 10.69536/FKR.2024.87.59.001

УДК 632

Об участии специалистов ФГБУ «ВНИИКР» в VII Международном симпозиуме по болезням томата

*ШНЕЙДЕР Ю.А.¹, ЛОЗОВАЯ Е.Н.²^{1,2} ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений (ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150¹ ORCID 0000-0002-7565-1241,
e-mail: yury.shneyder@mail.ru² e-mail: evgeniyaf@mail.ru

Международное общество сельскохозяйственных наук (ISHS) является глобальной сетью, объединяющей более 70 000 специалистов из учебных заведений, государственных структур, коммерческих организаций и индивидуальных исследователей.

Охват стран, зарегистрированных в организации, превышает 50.

ISHS является основным источником актуальной информации о глобальных исследованиях в области сельского хозяйства. Общество стремится содействовать исследованиям во всех его сферах и поощряет развитие международного сотрудничества, объединяя научных и технических специалистов для стимулирования, содействия и координации исследований и научной деятельности



Рисунок 1 – Представительство Бразильской корпорации сельскохозяйственных исследований (Embrapa) – локального организатора симпозиума в г. Бразилиа (Бразилия) (фото <https://7istd.com/>)

Fig. 1 – Embrapa – local organizer of the Symposium in Brasília (Brazil) (photo by <https://7istd.com/>)

DOI 10.69536/FKR.2024.87.59.001

UDC 632

On the participation of FGBU “VNIKR” specialists in the VII International Symposium on Tomato Diseases

YURI A. SHNEYDER¹, EVGENIYA N. LOZOVAYA²^{1,2} FGBU “All-Russian Plant Quarantine Center” (FGBU “VNIKR”), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150¹ ORCID 0000-0002-7565-1241,
e-mail: yury.shneyder@mail.ru² e-mail: evgeniyaf@mail.ru

The International Society for Horticultural Science (ISHS) is a global network comprising over 70,000 specialists from universities, governments, commercial institutions and individual researchers. There are more than 50 countries registered with the organization.

ISHS is a major source of up-to-date information on global horticultural research. ISHS aims to promote research in all branches of horticulture and encourages the development of international cooperation, bringing together scientific and technical professionals to stimulate, facilitate and coordinate research and scientific activities on a global scale. Numerous conferences and symposia on different agricultural worldwide activities are held annually within ISHS.

The International Symposia on Tomato Diseases (ISTD) organized by the Scientific Committee under the auspices of the International Society for Horticultural Science (ISHS) / Division Vegetables, Roots and Tubers / Working Group Tomato Diseases are the most traditional scientific events for biotic stresses that affect fresh and processing tomatoes.

The 7th edition of the ISTD was held in Brasília, Brazil, from October 1 to 4, 2024. Over 200 researchers, quarantine and plant protection laboratory staff, breeders and tomato producers from around the world took part. Key players in the tomato business from all continents presented new perspectives and developments in the field of tomato diseases. The symposium was organized with the support of the Brazilian Agricultural Research Corporation (Embrapa) (Fig. 1). This corporation was created by the Brazilian federal government in 1973 to develop the technological basis for a true tropical model of agriculture and livestock production.

The symposium was attended by specialists from dozens of countries in Europe, North and South



Рисунок 2 – Постерная сессия симпозиума (фото авторов)

Fig. 2 – Symposium poster session (photo by the authors)

в глобальном масштабе. Ежегодно в рамках объединения организуются десятки конференций и симпозиумов, охватывающих различные направления деятельности сельского хозяйства во всем мире.

Международные симпозиумы по болезням томатов (ISTD), организуемые научным комитетом под эгидой отделения производства овощей, корнеплодов и клубней Международного общества сельскохозяйственных наук (ISHS) и рабочей группой по болезням томатов, являются наиболее традиционными научными мероприятиями по исследованию биотических стрессов, поражающих томаты, которые выращиваются для употребления в свежем виде и переработки.

VII Международный симпозиум по болезням томата проходил в г. Бразилиа (Бразилия) с 1 по 4 октября 2024 г. В нем приняли участие более 200 исследователей, сотрудников лабораторий по карантину и защите растений, селекционеров и производителей томатов со всего мира. Основные участники томатного бизнеса со всех континентов представили новые перспективы и разработки в области болезней томатов. Симпозиум был организован при поддержке Бразильской корпорации сельскохозяйственных исследований (Embrapa) (рис. 1). Данная корпорация была создана федеральным правительством страны в 1973 году для разработки технологической основы истинной тропической модели сельского хозяйства и животноводства.

В симпозиуме участвовали специалисты из десятков стран Европы, Северной и Южной Америки, Африки, Азии и Океании. От Российской Федерации в симпозиуме приняли участие

America, Africa, Asia and Oceania. From the Russian Federation, the Symposium was attended by the head of Research and Methodology Department of Virology of FGBU "VNIIEK" Yu. A. Shneyder and the researcher of the Postgraduate Department E. N. Lozovaya (Fig. 2)

The symposium featured 34 oral presentations on the most important developments in the field of tomato diseases protection, new developments for stable yield, genetic research on tomato resistance to key diseases and other important topics.

The Symposium Scientific Program included:

- ToBRFV–tomato interactions: from reproductive tissues to genetic resistance
- Plant susceptibility genes: What did we gain and what can we gain in future?
- An old foe with a new race: advancing novel management approaches to mitigate verticillium wilt of tomato
- Biotechnological strategies for the control of tomato diseases
- New technologies for diagnostics of tomato diseases
- Genomic characteristics of root-knot nematodes, a major group of crop pests
- Breeding for broad-spectrum resistance to bacterial spot in tomato: practice and strategies



Рисунок 3 – Доклад научного сотрудника ФГБУ «ВНИИКР» Е. Н. Лозовой (фото авторов)

Fig. 3 – Report by the FGBU "VNIIEK" researcher E. N. Lozovaya (photo by the author)



Рисунок 4 – Посещение посадок томата открытого грунта участниками симпозиума (фото авторов)

Fig 4 – Visit to open-ground tomato plantings by the Symposium participants (photo by the authors)



Рисунок 5 – Использование желтых клеевых ловушек для контроля численности насекомых в защищенном грунте (фото авторов)

Fig. 5 – Using yellow sticky traps to control insect populations in protected ground (photo by the authors)

начальник научно-методического отдела вирусологии ФГБУ «ВНИИКР» Ю. А. Шнейдер и научный сотрудник отдела аспирантуры Е. Н. Лозовая (рис. 2).

В рамках симпозиума были представлены 34 устных доклада о наиболее важных разработках в области защиты томата от болезней, новых разработках для стабильного получения урожая, генетических исследованиях по устойчивости томата к ключевым болезням и другим важным тематикам.

План симпозиума включал следующие направления:

- Взаимодействие ToBRFV и томата: от использования репродуктивных тканей до генетической устойчивости.
- Гены устойчивости растений: что мы получили и что можем получить в будущем?
- Новая раса старого врага: новые подходы к управлению для борьбы с вертициллезным увяданием томата.
- Биотехнологические стратегии борьбы с болезнями томата.
- Новые технологии для диагностики болезней томата.
- Геномные характеристики корневых нематод, основной группы вредителей сельскохозяйственных культур.
- Селекция на устойчивость широкого спектра к бактериальной пятнистости томата: практика и стратегии.
- Геномные и транскриптомные характеристики, связанные с преодолением устойчивости томата к корневой нематод.
- Подходы к борьбе с бактериальной пятнистостью на выращиваемых в Бразилии томатах.
- Идентификация основных сигнальных и защитных соединений против грибов рода *Alternaria*.

После официальных докладов были устроены специальные сессии по обсуждению наиболее важных вопросов:

- Специальная сессия: вирус коричневой морщинистости плодов томата.
- Нематоды и вирусы: решения из лаборатории для поля – вопросы с поля в лаборатории.



Рисунок 6 – Симптомы тосповирусов на плодах томата защищенного грунта (фото авторов)

Fig. 6 – Symptoms of tospoviruses on tomato fruits cultivated in protected ground (photo by the authors)

- Genomic and transcriptomic signatures associated with tomato resistance overcoming by root-knot nematodes
- Approaches to facing bacterial spot on processing tomatoes in Brazil
- Identification of major disease signalling and defence compounds against *Alternaria*.



Рисунок 7 – Мозаика на листьях томата в защищенном грунте (фото авторов)

Fig. 7 – Mosaic on tomato leaves in protected ground (photo by the authors)

• Грибы и бактерии – индивидуальная сессия: решения из лаборатории для поля – вопросы с поля в лаборатории.

Специалисты ФГБУ «ВНИИКР» выступили с устными докладами по темам: «Оценка применимости методов LAMP и ПЦР для диагностики Tomato leaf curl New Delhi virus» и «Ортотосповирусы как источник потерь при производстве томатов и методы их диагностики» (рис. 3).

Кроме устных докладов, ученые Всероссийского центра карантина растений представили два стендовых доклада, посвященных разработкам научного подразделения учреждения: «Кринивирусы как причина потери урожая томата и методы их диагностики» и «Изучение передачи вируса мозаики томата и вируса табачной мозаики семенами томата». Доклады российских исследователей вызвали высокий интерес у участников симпозиума.

Важными вопросами на симпозиуме стали микроорганизмы, их влияние на получение урожая томата, а также методы предупреждения и борьбы с ними. Основными объектами исследований ученых и экспертов стали вирус коричневой морщинистости плодов томата (ToBRFV), бегомовирусы, галовые нематоды, альтернариозы и другие болезни. Были обсуждены проблемы контроля распространения карантинных и особо опасных объектов, поражающих томаты.



Рисунок 8 – Осмотр плодов томата открытого грунта на наличие симптомов
(фото авторов)

Fig. 8 – Examination of open ground tomato fruits for symptoms
(photo by the authors)

• Following the official reports, special sessions were held to discuss the most important issues:

• Special session: Tomato brown rugose fruit virus.

• Nemas and virus - One-to-one session: Solutions from the lab to the field - Demands from the field to the lab.

• Fungi and bacteria - One-to-one session: Solutions from the lab to the field - Demands from the field to the lab.

FGBU “VNIICR” specialists made oral presentations on the topics: “Assessment of the applicability of LAMP and PCR methods for diagnosis of Tomato leaf curl New Delhi virus” and “Orthotospoviruses as a source of tomato production losses and their diagnosis methods” (Fig. 3).

Apart from oral reports, FGBU “VNIICR” specialists presented two poster reports on the developments of the scientific department: “Criniviruses as a cause of tomato crop loss and methods for their diagnosis” and “Study of the transmission of tomato mosaic virus and tobacco mosaic virus by tomato seeds.” The reports by Russian researchers aroused great interest among the symposium participants.

Important issues at the Symposium were microorganisms, their impact on tomato yield, as well as methods of their prevention and control. The main objects of research by scientists and experts were Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV), begomoviruses,



Рисунок 9 – Посадки баклажана в открытом грунте
(фото авторов)

Fig. 9 – Eggplant plantings in open ground
(photo by the authors)

В один из дней конференции для участников была организована поездка на производство томатов открытого и защищенного грунта компании Малунга.

Центрально-западный регион Бразилии, где локализуется производство данной компании, является вторым по площади регионом Бразилии, с климатическими зонами от саванн до тропиков. Дневная температура в течение всего года находится в пределах 25–30 °C, а ночная – 10–20 °C, в связи с чем в теплицах не требуется дополнительного нагрева ни в один из сезонов года. С климатическими условиями связаны и основные проблемы сельского хозяйства региона – распространенность насекомых-переносчиков и болезней, которые эффективно размножаются, нанося существенный вред растениям. Для контроля численности и для снижения популяции насекомых в защищенном грунте используются желтые клеевые ловушки, расположенные единым листом по периметру теплиц (рис. 6).

Участникам симпозиума были представлены посадки томата и других растений семейства пасленовых с симптомами поражения вирусами и бактериями, распространенными в Бразилии, многие из которых сходны с симптомами, вызываемыми вредными организмами, входящими в Единый перечень карантинных объектов стран ЕАЭС (рис. 6–9).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шнейдер Юрий Андреевич, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, начальник научно-методического отдела вирусологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; *ORCID 0000-0002-7565-1241*, *e-mail: yury.shneyder@mail.ru*

Лозовая Евгения Николаевна, научный сотрудник отдела аспирантуры ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; *e-mail: evgeniyaf@mail.ru*

gall nematodes, *Alternaria* and other diseases. The problems of controlling the spread of quarantine and especially dangerous pests affecting tomatoes were discussed.

On one of the Symposium days, a trip to the open and protected ground tomato production of the Malunga company was organized for the participants.

The Central-West region of Brazil, where the company's production is localized, is the second largest region in Brazil, with climate zones ranging from savannas to the tropics. Daytime temperatures throughout the year are within 25–30 °C, and nighttime temperatures are 10–20 °C, which is why greenhouses do not require additional heating in any season of the year. The main problems of agriculture in the region are also associated with climatic conditions – the prevalence of insect vectors and diseases that reproduce effectively, causing great damage to plants. To control the number and reduce the population of insects in protected soil, yellow sticky traps are used, located in a single sheet along the perimeter of the greenhouses (Fig. 6).

The Symposium participants were presented with plantings of tomatoes and other Solanaceae plants with damage symptoms by viruses and bacteria common in Brazil, many of which are similar to those caused by the pests included in the Common List of Quarantine Pests of the EAEU countries (Fig. 6–9).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yuri Shneyder, PhD in Biology, Leading Researcher, Head of Research and Methodology Department of Virology, FGBU "VNIKR", Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *ORCID 0000-0002-7565-1241*, *e-mail: yury.shneyder@mail.ru*

Evgeniya Lozovaya, Researcher, Postgraduate Department, FGBU "VNIKR", Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: evgeniyaf@mail.ru*

Иллюстрированный ключ для идентификации гусениц чешуекрылых – вредителей запасов (Lepidoptera), регулируемых странами – импортерами российской зерновой продукции

*ЛОВЦОВА Ю.А.¹, КОВАЛЕНКО М.Г.², КАМАЕВ И.О.³

¹ ORCID 0000-0002-7266-6229, e-mail: julialov@inbox.ru

² ORCID 0000-0001-7824-9277, e-mail: bush_zbs@mail.ru

³ ORCID 0000-0003-4251-4862,
e-mail: ilyakamayeff@yandex.ru

ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия, 140150

АННОТАЦИЯ

В статье дан ключ для видовой идентификации гусениц чешуекрылых – вредителей зерна и продуктов его переработки, регулируемых в странах – импортерах российской зерновой продукции. В работе приведены в том числе те виды, для которых эта продукция не является основной, и они питаются, как правило, орехами, сухофруктами и т. д. По данному ключу возможна идентификация следующих видов: *Cadra calidella* (Guenée, 1845) (изюмовая огневка), *Cadra cautella* (Walker, 1863) (сухофруктовая огневка), *Cadra figulilella* (Gregson, 1871) (инжировая огневка), *Apomyelois ceratoniae* (Zeller, 1839) (рожковая огневка), *Ephestia elutella* (Hübner, 1796) (зерновая огневка), *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879 (мельничная огневка), *Plodia interpunctella* (Hübner, [1813]) (южная амбарная огневка), *Aphomia cephalonica* (Stainton, 1866) (рисовая огневка), *Aphomia gularis* (Zeller, 1877) (ореховая огневка), *Pyralis farinalis* (Linnaeus, 1758) (мучная огневка), *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1789) (зерновая моль), *Hofmannophila pseudospretella* (Stainton, 1849) (семенная моль), *Endrosis sarcitrella* (Linnaeus, 1758) (белоплечая моль), *Nemapogon granella* (Linnaeus, 1758) (амбарная моль). Поскольку основные диагностические признаки связаны с особенностями хетотаксии (количеством и положением первичных щетинок на теле), в статье приведена ее схема на примере *P. interpunctella* с использованием принятой в настоящее время номенклатурой щетинок по Хинтону. В случае недостаточной контрастности щетинок рекомендуется окрашивание тотальных макропрепаратов гусениц фукорцином. Ключ проиллюстрирован оригинальными фотографиями для облегчения его использования специалистами в области сельского хозяйства

Illustrated identification key for Lepidoptera larvae – stored product pests regulated by countries importing Russian grain products

*JULIA A. LOVTSOVA¹, MARGARITA G. KOVALENKO², ILYA O. KAMAYEV³

¹ ORCID 0000-0002-7266-6229, e-mail: julialov@inbox.ru

² ORCID 0000-0001-7824-9277, e-mail: bush_zbs@mail.ru

³ ORCID 0000-0003-4251-4862,
e-mail: ilyakamayeff@yandex.ru

FGBU “All-Russian Plant Quarantine Center” (FGBU “VNIICR”), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150

ABSTRACT

The article provides a key for species identification of Lepidoptera larvae – pests of grain and its processed products, regulated in countries importing Russian grain products. The work also lists those species for which this product is not the main one, and they feed, as a rule, on nuts, dried fruits, etc. The following species can be identified using this key: *Cadra calidella* (Guenée, 1845), *Cadra cautella* (Walker, 1863), *Cadra figulilella* (Gregson, 1871), *Apomyelois ceratoniae* (Zeller, 1839), *Ephestia elutella* (Hübner, 1796), *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879, *Plodia interpunctella* (Hübner, [1813]), *Aphomia cephalonica* (Stainton, 1866), *Aphomia gularis* (Zeller, 1877), *Pyralis farinalis* (Linnaeus, 1758), *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1789), *Hofmannophila pseudospretella* (Stainton, 1849), *Endrosis sarcitrella* (Linnaeus, 1758), *Nemapogon granella* (Linnaeus, 1758). Since the main diagnostic characters are related to the chaetotaxy features (number and position of primary setae on the body), the article presents its scheme on the example of *P. interpunctella* using the currently accepted setae nomenclature according to Hinton. In case of insufficient setae contrast, staining of total larvae macropreparations with carbol fuchsin is recommended. The key is illustrated with original photographs to facilitate its use by

и сотрудниками карантинных фитосанитарных лабораторий.

Ключевые слова: карантин растений, диагностика, преимагинальные стадии насекомых, хетотаксия, Pyralidae, Gelechiidae, Oecophoridae, Tineidae.

ВВЕДЕНИЕ



Обеспечение экспортного потенциала российской зерновой продукции тесно сопряжено с выполнением фитосанитарных требований стран-импортеров. К числу регулируемых организмов, связанных с зерном и продуктами его переработки, относятся и чешуекрылые, вредящей стадией которых являются гусеницы. И хотя к настоящему времени существуют публикации по данному вопросу (Загуляев, 1965; Варшалович, 1978; Weisman, 1991; Solis, 2006), идентификация гусениц все еще представляется сложной задачей для специалистов сельского хозяйства и карантинных фитосанитарных лабораторий. Так, по работе Варшаловича (1978) невозможно определить *Hofmannophila pseudospretella* и *Endrosis sarcitrella* до семейства, потому что в ключе представители семейства Oecophoridae обособляются только по наличию вздутых заднегрудных ног (особенно стоит отсутствующий в Российской Федерации вид *Martyringa xeraula* Meyrick, 1910), в то время как эофориды с ногами обычного строения определяются как представители других семейств. В связи с этим актуальным является создание справочных пособий, способствующих усовершенствованию процедуры фитосанитарной диагностики.

В нашей работе представлен иллюстрированный ключ для определения гусениц, повреждающих зерно и продукты его переработки и регулируемых фитосанитарными требованиями других стран, позволяющий идентифицировать следующие виды:

Pyralidae (огневки): *Cadra calidella* (Guenée, 1845), *Cadra cautella* (Walker, 1863), *Cadra figulilella* (Gregson, 1871), *Apomyelois ceratoniae* (Zeller, 1839), *Ephestia elutella* (Hübner, 1796), *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879), *Plodia interpunctella* (Hübner, [1813]), *Aphomia cephalonica* (Stainton, 1866), *Aphomia gularis* (Zeller, 1877), *Pyralis farinalis* (Linnaeus, 1758).

Gelechiidae (выемчатокрылые моли): *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1789).

Oecophoridae (ширококрылые моли): *Hofmannophila pseudospretella* (Stainton, 1849), *Endrosis sarcitrella* (Linnaeus, 1758).

Tineidae (настоящие моли): *Nemapogon granella* (Linnaeus, 1758).

Для гусениц характерны три пары грудных ног, наличие от одной до пяти пар брюшных ног, которые могут быть редуцированы до небольших бугорков с несколькими крючками, а также наличие простых глазков в количестве, как правило, шести штук с каждой стороны головы. Количество

agricultural specialists and staff of quarantine phytosanitary laboratories.

Key words: plant protection, diagnosis, preimaginal insect stages, chaetotaxy, Pyralidae, Gelechiidae, Oecophoridae, Tineidae.

INTRODUCTION

Ensuring the export potential of Russian grain products is closely linked to the implementation of phytosanitary requirements of importing countries. Among the regulated organisms associated with grain and its processed products are also Lepidoptera, the harmful stage of which are larvae. And although at present there are publications on this issue (Zagulayev, 1965; Varshalovich, 1978; Weisman, 1991; Solis, 2006), larvae identification still remains a challenging task for agricultural specialists and quarantine phytosanitary laboratories. Thus, based on the work by Varshalovich (1978), it is impossible to identify *Hofmannophila pseudospretella* and *Endrosis sarcitrella* up to family, because, according to the key, the representatives of the family Oecophoridae are distinguished only by the presence of swollen metathoracic legs (the species absent in the Russian Federation *Martyringa xeraula* Meyrick, 1910 outstands), while concealer moths with legs of a conventional structure are defined as representatives of other families. In this regard, it is important to create reference manuals that help to improve the phytosanitary diagnosis procedure.

Our work presents an illustrated key for identifying larvae that damage grain and its processed products and are regulated by phytosanitary requirements of other countries, allowing the identification of the following species:

Pyralidae: *Cadra calidella* (Guenée, 1845), *Cadra cautella* (Walker, 1863), *Cadra figulilella* (Gregson, 1871), *Apomyelois ceratoniae* (Zeller, 1839), *Ephestia elutella* (Hübner, 1796), *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879, *Plodia interpunctella* (Hübner, [1813]), *Aphomia cephalonica* (Stainton, 1866), *Aphomia gularis* (Zeller, 1877), *Pyralis farinalis* (Linnaeus, 1758).

Gelechiidae: *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1789).

Oecophoridae: *Hofmannophila pseudospretella* (Stainton, 1849), *Endrosis sarcitrella* (Linnaeus, 1758).

Tineidae: *Nemapogon granella* (Linnaeus, 1758).

Larvae of Lepidoptera are characterized by presence of three pairs of thoracic legs, one to five pairs of abdominal legs, which may be reduced to small tubercles with several crochets, and the presence of stemmata, usually six on each side of the head. The number of stemmata can lower: thus, *P. farinalis* and *H. pseudospretella* should have four of them, while *E. sarcitrella* – two. A study of different larval specimens of these species, including the use of an electron scanning microscope, showed that stemmata are not always clearly visible,

глазков может сокращаться: так, у *P. farinalis* и *H. pseudospretella* их должно быть четыре, у *E. sarcitrella* – два. Исследование разных гусениц этих видов, в том числе с использованием электронного сканирующего микроскопа, показало, что простые глазки не всегда хорошо заметны, их видимое число может уменьшаться (рис. 1, у *P. farinalis* хорошо заметные глазки показаны стрелочками). Поэтому в приведенном ниже ключе признаки, связанные с уменьшением количества простых глазков и предложенные в работе Загуляева (1965), по возможности не используются или используются в качестве дополнительных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа базировалась на энтомологических коллекциях ФГБУ «ВНИИКР», Зоологического института РАН и собственных сборах авторов. Собранных гусениц обдавали кипятком, затем помещали в 70% раствор этилового спирта. Для исследования выцветших или слабопигментированных гусениц использовалось окрашивание фукорцином (Lovtsova et al, 2023).

Изучение и фотосъемка гусениц осуществлялась с использованием стереомикроскопа Zeiss Stereo Discovery V12 с подключенной камерой Canon EOS 6D. Обработка полученных фотографий проводилась в программах Zerene Stacker и Adobe Photoshop CC. В отдельных случаях для более детального изучения морфологических признаков гусениц использовали электронный сканирующий микроскоп Hitachi TM4000 Plus.

Номенклатура щетинок приведена по Хинтону (Hinton, 1946). Общая схема хетотаксии на примере гусеницы *P. interpunctella* дана на рисунке 2. При составлении ключа были использованы

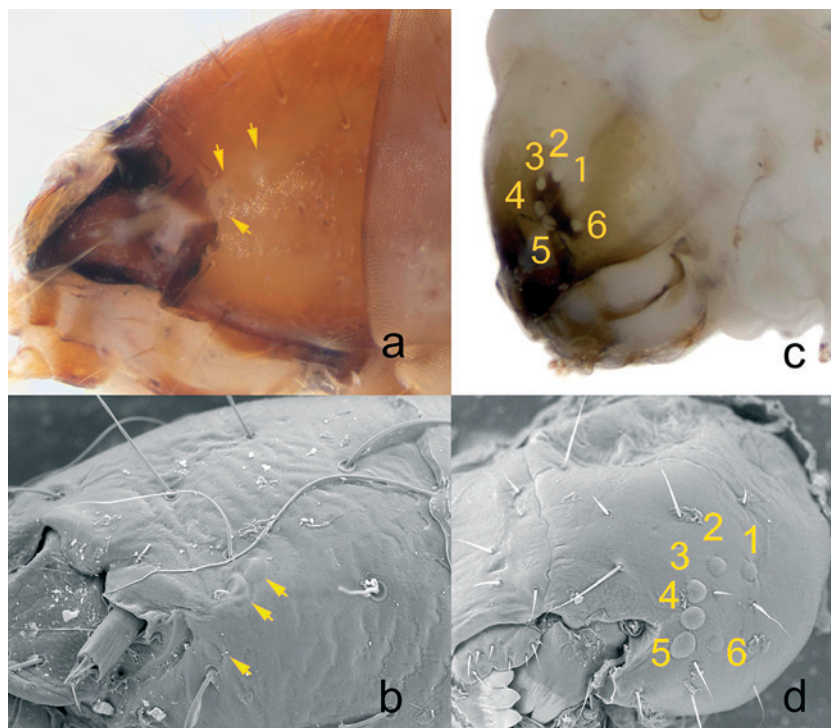


Рисунок 1. Головы гусениц сбоку, цифрами и стрелками показаны простые глазки: а – *Pyralis farinalis*, световой микроскоп; б – *Pyralis farinalis*, электронный сканирующий микроскоп; с – *Sitotroga cerealella*, световой микроскоп; д – *Sitotroga cerealella*, электронный сканирующий микроскоп (фото Ю.А. Ловцовой)

Fig. 1. Larvae heads laterally, stemmata are shown by numbers and arrows: а – *Pyralis farinalis*, light microscope; б – *Pyralis farinalis*, scanning electron microscope; с – *Sitotroga cerealella*, light microscope; д – *Sitotroga cerealella*, scanning electron microscope (photo by J.A. Lovtsova)

and their visible number may decrease (Fig. 1; in *P. farinalis*, clearly visible stemmata are shown by arrows). Therefore, in the key given below, the characters associated with a reduction in the number of stemmata and proposed in the work of Zagulyaev (1965) are, if possible, not used or used as additional ones.

MATERIALS AND METHODS

The work was based on entomological collections of FGBU «VNIICR», the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences and the authors' own collections. The collected larvae were treated with boiling water,

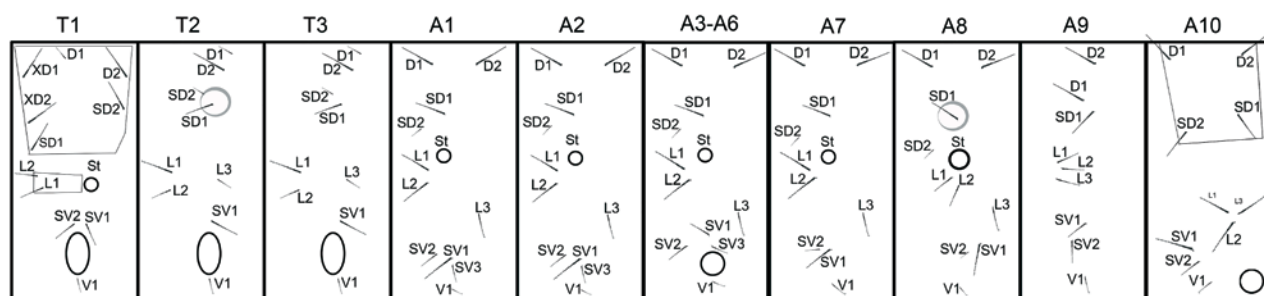


Рисунок 2. Схема хетотаксии на примере *Plodia interpunctella* в латеральной проекции, индексами над схемой обозначены соответствующие сегменты тела (Т – грудные, А – брюшные), внутри сегментов – щетинки, St – стигмы, овалами обозначены грудные и брюшные ноги (рисунок Ю. А. Ловцовой)

Fig. 2. Chaetotaxy scheme as in the case of *Plodia interpunctella* laterally, the indices above the diagram indicate the corresponding body segments (T – thoracic, A – abdominal), inside the segments are setae, St – stigmata, ovals indicate the thoracic and abdominal legs (scheme by J.A. Lovtsova)

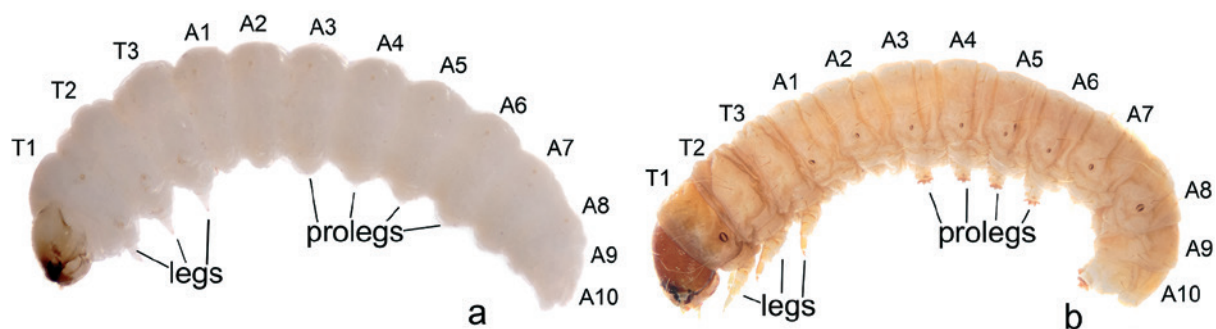


Рисунок 3. Гусеницы сбоку, legs – грудные ноги, prolegs – брюшные ноги: а – *Sitotroga cerealella*; б – *Pyralis farinalis* (фото Ю. А. Ловцовой)

Fig 3. Larvae laterally: а – *Sitotroga cerealella*; б – *Pyralis farinalis* (photos by J. A. Lovtsova)

следующие работы: Варшалович (1978); Загulyаев (1965); Герасимов (1952); Solis (2006); Hinton (1956); Thyssen (2009); Weisman (1991); Aitken (1963).

КЛЮЧ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ГУСЕНИЦ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ – ВРЕДИТЕЛЕЙ ЗЕРНА И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ, РЕГУЛИРУЕМЫХ В СТРАНАХ – ИМПОРТЕРАХ РОССИЙСКОЙ ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКЦИИ

1. Брюшные ноги редуцированы, каждая несет на подошве по два крючка (рисунок 3а, 4а). Живут внутри зерна..... *Sitotroga cerealella*

– Гусеница с хорошо выраженными брюшными ногами, каждая несет на подошве венец крючков (рисунок 3б, 4б)..... 2

2. На предстигмальном щитке переднегруды расположено 3 щетинки – L1, L2 и L3 (рисунок 5а)..... 3

– На предстигмальном щитке переднегруды расположено 2 щетинки – L1 и L2 (рисунок 5б)..... 7

3. На A8 щетинки пристигмальной группы L1 и L2 (первые щетинки, находящиеся под дыхальцем) расположены близко друг к другу и сидят отдельно или на общем щитке (рисунок 6а)..... 4

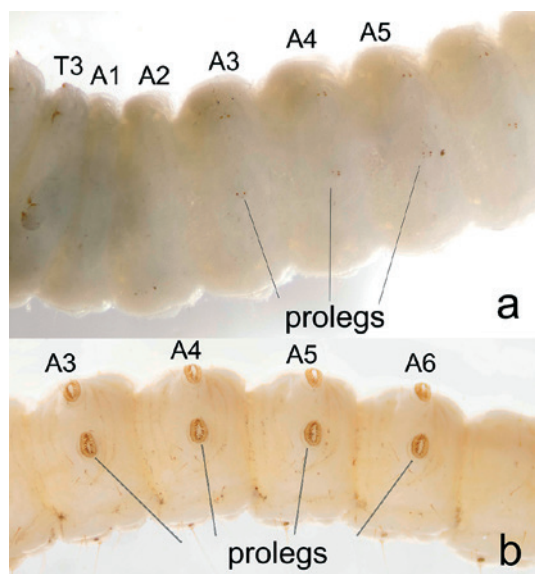


Рисунок 4. Фрагмент брюшка гусениц с вентральной стороны, prolegs – брюшные ноги: а – *Sitotroga cerealella*; б – *Pyralis farinalis* (фото Ю. А. Ловцовой)

Fig 4. Larva abdomen fragment ventrally: а – *Sitotroga cerealella*; б – *Pyralis farinalis* (photos by J. A. Lovtsova)

then placed in a 70% ethanol solution. Carbol fuchsin staining was used to study faded or weakly pigmented larvae (Lovtsova et al., 2023).

The larvae were studied and photographed using a Zeiss Stereo Discovery.V12 stereo microscope with a Canon EOS 6D camera connected. The resulting photographs were processed using Zerene Stacker and Adobe Photoshop CC. In some cases, a Hitachi TM4000 Plus scanning electron microscope was used for a more detailed study of the morphological characters of the larvae.

The setae nomenclature is given according to Hinton (Hinton, 1946). The general chaetotaxy using *P. interpunctella* larva as an example is given in Fig. 2. While developing the key, the following works were used: Varshalovich (1978); Zagulyaev (1965); Gerasimov (1952); Solis (2006); Hinton (1956); Thyssen (2009); Weisman (1991); Aitken (1963).

IDENTIFICATION KEY FOR LEPIDOPTERA LARVAE – PESTS OF GRAIN AND ITS PRODUCTS REGULATED BY COUNTRIES IMPORTING RUSSIAN GRAIN PRODUCTS

1. Prolegs reduced, each bearing two crochets (Fig. 3a, 4a). Live inside the grain... *Sitotroga cerealella*

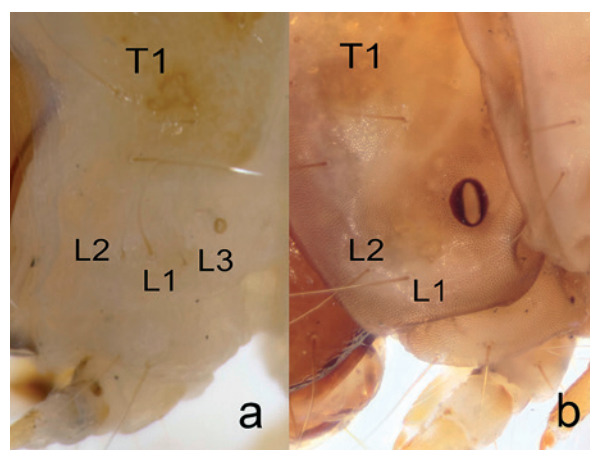


Рисунок 5. Переднегрудь, вид сбоку: а – *Hofmannophila pseudospretella*; б – *Pyralis farinalis* (фото Ю. А. Ловцовой)

Fig 5. Prothorax, laterally: а – *Hofmannophila pseudospretella*; б – *Pyralis farinalis* (photos by J. A. Lovtsova)

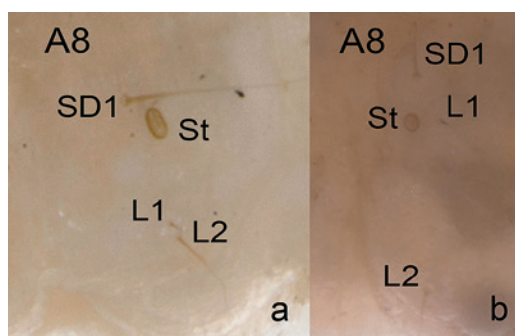


Рисунок 6. Фрагмент восьмого брюшного сегмента, вид сбоку: а – *Hofmannophila pseudospretella*; б – *Nemapogon granella* (фото Ю. А. Ловцовой)

Fig. 6. Eighth abdominal segment fragment, laterally: а – *Hofmannophila pseudospretella*; б – *Nemapogon granella* (photos by J. A. Lovtsova)

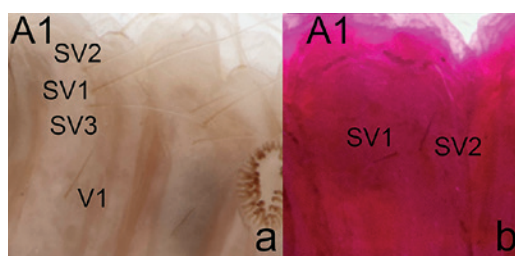


Рисунок 8. Первый брюшной сегмент с вентральной стороны: а – *Endrosis sarcitrella*; б – *Hofmannophila pseudospretella* (фото Ю. А. Ловцовой)

Fig. 8. First abdominal segment ventrally: а – *Endrosis sarcitrella*; б – *Hofmannophila pseudospretella* (photos by J. A. Lovtsova)

– На А8 щетинки пристигмальной группы L1 и L2 расположены далеко друг от друга и сидят на разных щитках (рисунок 6б).....5

4. Нижняя губа с большой ямкой, окруженной утолщенным краем (рисунок 7а). Группа SV на А1 состоит из трех щетинок (рисунок 8а).....

Endrosis sarcitrella

– Нижняя губа без ямки (рисунок 7б). Группа SV на А1 состоит из двух щетинок (рисунок 8б).....

Hofmannophila pseudospretella

5. Длина теменного шва значительно короче высоты лобного треугольника и составляет меньше трети ее длины (рисунок 9а). Группа SV на А1 состоит из двух щетинок (рисунок 10а). Голова с шестью хорошо заметными глазками с каждой стороны.....6

– Длина теменного шва примерно равна высоте лобного треугольника (рисунок 9б). Группа SV на А1 состоит из трех щетинок (рисунок 10б). Голова только с 1 или 2 глазками с каждой стороны.....

Другие виды

6. Глазное пигментированное пятно небольшое, простирается только между 4-м и 6-м глазками и не доходит до 3-го глазка (рисунок 11а)*.....

Nemapogon granella

– Глазное пигментированное пятно большое и простирается от 1-го до 6-го глазка (рисунок 11б).....

Другие виды

* Примечание. У давно зафиксированных экземпляров пигментированное пятно может выцветать

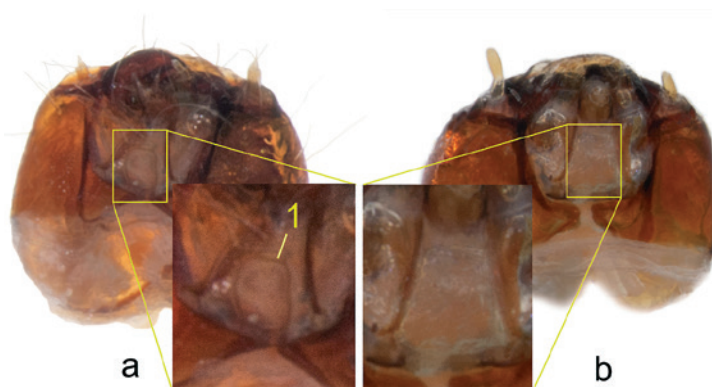


Рисунок 7. Голова гусеницы с вентральной стороны: а – наличие ямки на нижней губе у *Endrosis sarcitrella*, 1 – граница ямки; б – отсутствие ямки на нижней губе у *Hofmannophila pseudospretella* (фото Ю. А. Ловцовой)

Fig. 7. Larva head ventrally: а – pit on the labium of *Endrosis sarcitrella*, 1 – pit edge; б – no pit on the labium of *Hofmannophila pseudospretella* (photos by J. A. Lovtsova)



Рисунок 9. Голова гусениц спереди, зеленой линией показана высота лобного треугольника, синей – теменной шов: а – *Nemapogon granella*; б – *Haploteina insectella* (фото Ю. А. Ловцовой)

Fig. 9. Larva head frontally, green line shows the frontal triangle height, blue – coronal suture: а – *Nemapogon granella*; б – *Haploteina insectella* (photos by J. A. Lovtsova)

– Larva with well-defined prolegs, each bearing a circle of crochets (Fig. 3b, 4b)..... 2

2. 3 setae on prespiracular pinaculum on prothorax – L1, L2 and L3 (Fig. 5a)..... 3

– 2 setae on prespiracular pinaculum on prothorax – L1 and L2 (Fig. 5b)..... 7

3. On A8, prespiracular group setae L1 and L2 (first setae under the spiracle) located close to each other and placed separately or on the pinaculum (Fig. 6a)..... 4

– On A8, prespiracular group setae L1 and L2 located far from each other and placed on different pinacula (Fig. 6b)..... 5

4. Labium with a large pit surrounded by a thick edge (Fig. 7a). Group SV on A1 consists of 3 setae (Fig. 8a).....

Endrosis sarcitrella

– Labium without a pit (Fig. 7b). Group SV on A1 consists of 2 setae (Fig. 8b).....

Hofmannophila pseudospretella

5. Coronal suture length much shorter than frons height and is smaller than a third of its length (Fig. 9a). Group SV on A1 consists of 2 setae (Fig. 10a). Head with 6 well-pronounced stemmata on each side..... 6

– Coronal suture length about the same as frons height (Fig. 9b). Group SV on A1 consists of 3 setae (Fig. 10b). Head with only 1 or 2 stemmata on each side.....

Other species

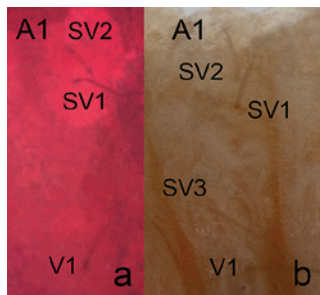


Рисунок 10. Фрагмент первого брюшного сегмента: а – *Nemapogon granella*; б – *Haplotinea insectella* (фото Ю. А. Ловцовой)

Fig. 10. First abdominal segment fragment: а – *Nemapogon granella*; б – *Haplotinea insectella* (photos by J. A. Lovtsova)

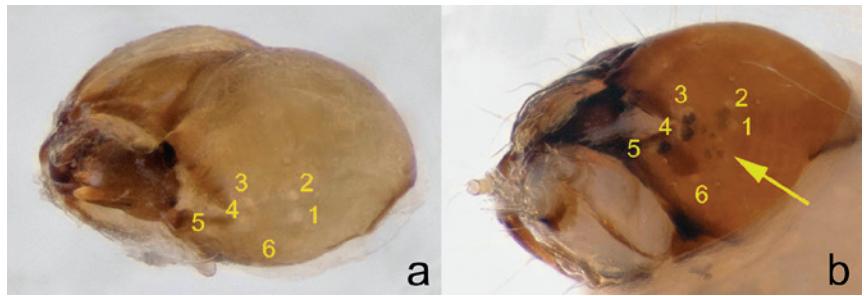


Рисунок 11. Головы зафиксированных более 30 лет назад гусениц, цифрами обозначены глазки, стрелкой показано несколько выцветшее пигментированное пятно: а – *Nemapogon granella*; б – *Nemapogon cloacella* (фото Ю. А. Ловцовой)

Fig. 11. Larva heads fixed more than 30 years ago, numbers indicate stemmata, arrow shows slightly faded pigmented spot: а – *Nemapogon granella*; б – *Nemapogon cloacella* (photos by J. A. Lovtsova)

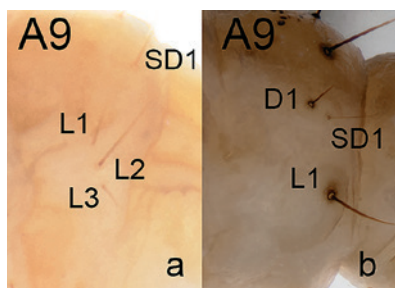


Рисунок 12. Девятый брюшной сегмент сбоку: а – *Pyralis farinalis*; б – *Chilo suppressalis* (фото Ю. А. Ловцовой)

Fig. 12. Ninth abdominal segment, laterally: а – *Pyralis farinalis*; б – *Chilo suppressalis* (photos by J. A. Lovtsova)

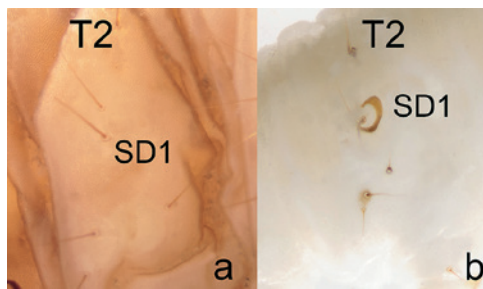


Рисунок 13. Среднегрудь сбоку: а – *Pyralis farinalis*, б – *Ephestia kuehniella* (фото Ю. А. Ловцовой)

Fig. 13. Mesothorax, laterally: а – *Pyralis farinalis*, б – *Ephestia kuehniella* (photos by J. A. Lovtsova)

6. Stemma pigment spot small, extending only between the 4th and 6th stemmata and does not reach the 3rd stemma (Fig. 11a)*. *Nemapogon granella* – Stemma pigment spot large and extends from the 1st to the 6th stemma (Fig. 11b).....

Other species

* Note: In specimens fixed longer ago, the pigment spot may fade.

7. On A9 three, sometimes two setae of the group L (Fig. 12a).....

8 – On A9 one seta of the group L (Fig. 12b).....

Other species

8. SD1 without sclerotized ring on T2, T3, A1 (Fig. 13a).....

9 – SD1 on T2, T3 or A1 surrounded by sclerotized ring (Fig. 13b).....

11 9. Prothoracic shield without pattern (Fig. 14a). On A9, 3 setae of the group L (L1, L2 and L3) (Fig. 14c)....

10 – Prothoracic shield with dark spots (Fig. 14b). On A9, 2 setae of the group L (Fig. 14d).....

Other species

7. На А9 три, иногда две щетинки группы L (рисунок 12а).....

8 – На А9 одна щетинка группы L (рисунок 12б).....

Другие виды

8. SD1 без склеротизованного кольца на Т2, Т3, А1 (рисунок 13а).....

9 – SD1 на Т2, Т3 или А1 окружена склеротизованным кольцом (рисунок 13б).....

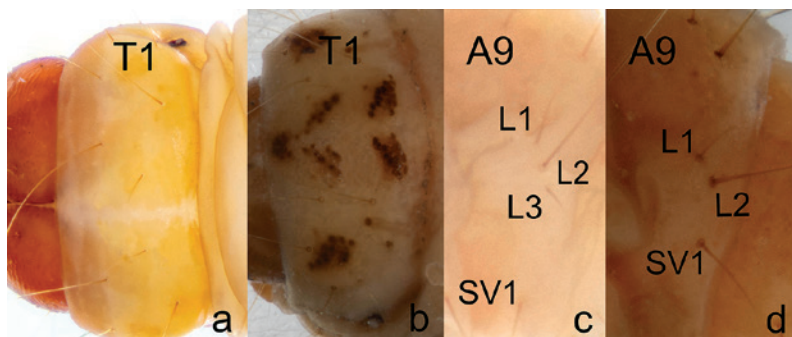


Рисунок 14. Переднегрудь дорсально и фрагмент девятого брюшного сегмента латерально: а – *Pyralis farinalis*, Т1; б – *Etiella zinckenella*, Т1; с – *Pyralis farinalis*, А9; д – *Etiella zinckenella*, А9 (фото Ю. А. Ловцовой)

Fig. 14. Prothorax dorsally and ninth abdominal segment fragment laterally: а – *Pyralis farinalis*, Т1; б – *Etiella zinckenella*, Т1; с – *Pyralis farinalis*, А9; д – *Etiella zinckenella*, А9 (photos by J. A. Lovtsova)

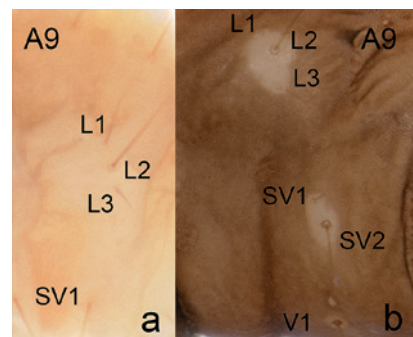


Рисунок 15. Фрагмент девятого брюшного сегмента, вид сбоку: а – *Pyralis farinalis*; б – *Aglossa dimidiatus* (фото Ю. А. Ловцовой)

Fig. 15. Ninth abdominal segment fragment, laterally: а – *Pyralis farinalis*; б – *Aglossa dimidiatus* (photos by J. A. Lovtsova)

щетинки SD1 присутствует полукруглое пятно (рисунок 19a)..... *Apomyelois ceratoniae*

– Теменной шов длинный, хорошо выраженный (рисунок 18b). На A1–A7 вокруг щетинки SD1 отсутствует полукруглое пятно (рисунок 19b).....14

14. Щитки на A1–A8 отсутствуют (рисунок 20a)

..... *Plodia interpunctella*

– Щитки на A1–A8 хорошо заметны (рисунок 20b).....15

15. Расстояние от SD2 до стигмы на A8 в 2–3 раза больше горизонтального диаметра стигмы (рисунок 21a).....16

– Расстояние от SD2 до стигмы на A8 примерно равно горизонтальному диаметру стигмы (рисунок 21b).....17

16. Стигма на A8 такого же размера, как склеротизованное кольцо вокруг SD1 на A8 (рисунок 22c). Стигма на T1 в диаметре примерно равна расстоянию между щетинками L1 и L2 (рисунок 22a)...

..... *Ephestia kuehniella*

– Стигма на A8 в 2–3 раза меньше, чем склеротизованное кольцо вокруг SD1 на A8 (рисунок 22d). Стигма на T1 в диаметре явно меньше расстояния

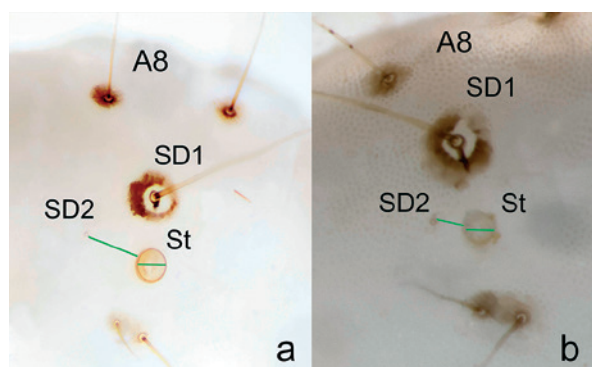


Рисунок 21. Восьмой брюшной сегмент, вид сбоку, зеленой линией показан диаметр стигмы и расстояние от стигмы до SD2: а – *Ephestia kuehniella*; б – *Cadra cautella* (фото Ю. А. Ловцовой, М. Г. Коваленко)

Fig. 21. Eighth abdominal segment, laterally, green line shows the stigma diameter and the distance from the stigma to SD2: а – *Ephestia kuehniella*; б – *Cadra cautella* (photos by J. A. Lovtsova, M. G. Kovalenko)



Рисунок 20. Гусеницы, вид сбоку: а – *Plodia interpunctella*; б – *Ephestia kuehniella* (фото Ю.А. Ловцовой)

Fig. 20. Larvae, laterally: а – *Plodia interpunctella*; б – *Ephestia kuehniella* (photos by J.A. Lovtsova)

– SD1 on A1 not surrounded by sclerotized ring (Fig. 16d) Setae L1 and L2 on prespiracular pinaculum of prothorax located across the body axis (Fig. 16b).....13

12. Sclerotized ring around SD1 on A1 and A8 incomplete. Peritreme of the stigma is thicker on the caudal side (Fig. 17a). Pinacula of setae D1 and D2 on abdominal segments not pigmented

..... *Aphomia cephalonica*

– Sclerotized ring around SD1 on A1 and A8 complete. Peritreme of the stigma with the same thickness across the entire diameter (Fig. 17b). Pinacula of setae D1 and D2 on abdominal segments pigmented

..... *Aphomia gularis*

13. Coronal suture poorly expressed, short or absent (Fig. 18a). On A1–A7, semicircular spot around seta SD1 (Fig. 19a).....

..... *Apomyelois ceratoniae*

– Coronal suture long, well-expressed (Fig. 18b). On A1–A7, no semicircular spot around seta SD1 (Fig. 19b).....14

14. Pinacula on A1–A8 absent (Fig. 20a).....

..... *Plodia interpunctella*

– Pinacula on A1–A8 clearly visible (Fig. 20b).....15

15. Distance from SD2 to stigma on A8 is 2–3 times greater than the horizontal diameter of the stigma (Fig. 21a).....16

– Distance from SD2 to the stigma on A8 is approximately equal to the horizontal diameter of the stigma (Fig. 21b).....17

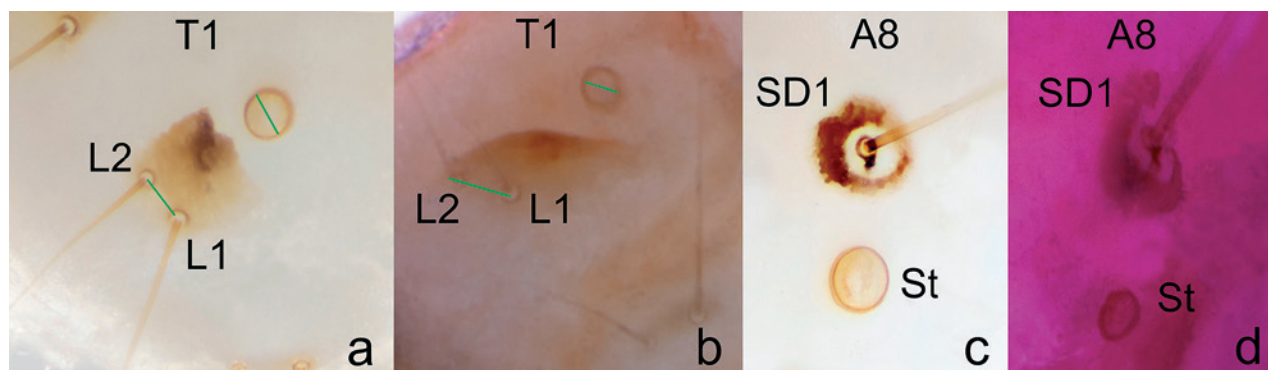


Рисунок 22. Особенности хетотаксии в области переднегруди и восьмого брюшного сегмента, вид сбоку, зеленой линией показаны расстояния: а – *Ephestia kuehniella*, T1; б – *Ephestia elutella*, T1; в – *Ephestia kuehniella*, A8; г – *Ephestia elutella*, A8 (фото Ю. А. Ловцовой, М. Г. Коваленко)

Fig. 22. Features of chaetotaxy in the area of the prothorax and the eighth abdominal segment, laterally, green line shows the distances: а – *Ephestia kuehniella*, T1; б – *Ephestia elutella*, T1; в – *Ephestia kuehniella*, A8; г – *Ephestia elutella*, A8 (photos by J. A. Lovtsova, M. G. Kovalenko)

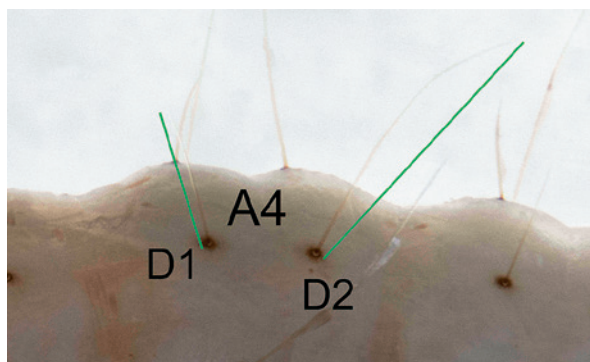


Рисунок 23. Сравнение длин D1 и D2 на четвертом брюшном сегменте у *Cadra cautella*, зеленой линией показаны расстояния (фото Ю. А. Ловцовой)

Fig. 23. Comparison of the lengths of D1 and D2 on the fourth abdominal segment in *Cadra cautella*, green line shows the distances (photos by J. A. Lovtsova)

между щетинками L1 и L2 (рисунок 22b).....

Ephestia elutella

17. D2 на A1–A8 длиннее D1 в два – два с половиной раза (рисунок 23).....

Cadra cautella

– D2 на A1–A8 длиннее D1 в три – пять раз.....

18

18. Расстояние между V1 на T3 в два раза меньше, чем расстояние между V1 и тазиками.....

Cadra figulilella

– Расстояние между V1 на T3 в три – пять раз

меньше, чем расстояние между V1 и тазиками.....

Cadra calidella

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подготовлен иллюстрированный ключ для видовой идентификации гусениц 14 видов из четырех семейств чешуекрылых – вредителей зерна и продуктов его переработки, регулируемых в странах-импортерах российской зерновой продукции.

Данная работа может быть полезна для специалистов в области защиты и карантина растений, а также для обучающихся в учебных заведениях по профилю «сельское хозяйство».

Благодарность. Авторы выражают благодарность куратору коллекции чешуекрылых Зоологического института РАН С. Ю. Синева за возможность работы с фондом гусениц, сотрудникам отдела МСИ ФГБУ «ВНИИКР» С. Ю. Муханову и С. О. Потаниной за предоставление материала по *A. ceratoniae*, а также Р. А. Ловцовой (Москва) за помощь при работе с рукописью. Работа выполнена в рамках государственного задания, тема И124092500113-4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варшалович А.А. Гусеницы бабочек, встречающиеся при экспертизе подкарантинных материалов. Опасные карантинные вредители, болезни и сорные растения. Сборник научных трудов. М., 1978, 155 с.
2. Герасимов А.М. Фауна СССР. Насекомые чешуекрылые. Гусеницы / А.М. Герасимов; ред. Е.Н. Павловский. М. –Л.: Изд-во Акад. наук СССР, 1952. Т. I, Вып. 2, 343 с.
3. Загуляев А.К. Моли и огневки – вредители зерна и продовольственных запасов. М.-Л.: Наука, 1965, 273 с.

16. Stigma on A8 is the same size as the sclerotized ring around SD1 on A8 (Fig. 22c). Stigma on T1 is approximately equal in diameter to the distance between the setae L1 and L2 (Fig. 22a).....

Ephestia kuehniella

– Stigma on A8 is 2–3 times smaller than the sclerotized ring around SD1 on A8 (Fig. 22d). Stigma on T1 is clearly smaller in diameter than the distance between the setae L1 and L2 (Fig. 22b).....

Ephestia elutella

17. D2 on A1 – A8 is 2-2.5 times longer than D1 (Fig. 23).....

Cadra cautella

– D2 on A1 – A8 is 3-5 times longer than D1.....

18

18. Distance between V1 and T3 is half the distance between V1 and the tarsus.....

Cadra figulilella

– Distance between V1 and T3 is three to five times smaller than the distance between V1 and the tarsus.....

Cadra calidella

CONCLUSION

An illustrated key has been prepared for the species identification of larvae of 14 species from four Lepidoptera families of pests of grain and its processed products, regulated in countries importing Russian grain products.

This work may be useful for specialists of plant protection and quarantine, as well as for students of educational institutions majoring in agriculture.

Acknowledgements. The authors express their gratitude to the curator of the Lepidoptera collection of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences S. Yu. Sinev for the opportunity to work with the larvae collection, to the specialists of the Interlaboratory Comparisons Department of FGBU “VNIICR” S. Yu. Mukhanov and S. O. Potanina for providing material on *A. ceratoniae* for valuable, as well as to R. A. Lovtsova (Moscow) for comments on the manuscript. The work was carried out within the framework of the State assignment, № И124092500113-4.

REFERENCES

1. Varshalovich A.A. Moth larvae encountered during examination of quarantine materials. Dangerous quarantine pests, diseases and weeds. [Gusenitsy babochek, vstrechayushchiyesya pri ekspertize podkarantinnykh materialov. Opasnyye karantinnyye vrediteli, bolezni i sornyye rasteniya] Collection of scientific papers. Moscow, 1978, 155 p. (In Russ.)
2. Gerasimov A.M. Fauna of the USSR. Lepidoptera. Larvae [Fauna SSSR. Nasekomyye cheshuyekrylyye. Gusenitsy] / A.M. Gerasimov; ed. E.N. Pavlovsky. M.–L.: Publishing house of the USSR Academy of Sciences, 1952. Vol. I, Issue 2, 343 p. (In Russ.)
3. Zagulyaev A.K. Moths and Pyralidae – pests of grain and storage [Moli i ognevki – vrediteli zerna i prodovol'stvennykh zapasov]. Moscow-Leningrad: Nauka, 1965, 273 p. (In Russ.)
4. A new method of staining larvae of Lepidoptera using carbol fuchsin / Lovtsova J.A., Kovalenko M.G.,

4. A new method of staining larvae of Lepidoptera using carbol fuchsin / Lovtsova J.A., Kovalenko M.G., Gura N.A., Shipulin A.V., Kochiev M.V. // Russian Entomological Journal. 2023. Vol. 32(2). P. 194–197. doi: 10.15298/rusentj.32.2.09

5. Aitken A. A key to the larvae of some species of Phycitinae (Lepidoptera, Pyralidae) associated with stored products, and of some related species // Bulletin of Entomological Research. 1963. Vol. 54 (2). P. 175–188. DOI: 10.1017/S0007485300048720.

6. Hinton H. E. On the homology and nomenclature of the setae of lepidopterous larvae, with some notes on the phylogeny of the Lepidoptera // Transactions of the Royal Entomological Society of London. 1946. Vol. 97 (1). P. 1–37.

7. Hinton H. E. The Larvae of the Species of Tineidae of Economic Importance // Bulletin of Entomological Research. 1956. Vol. 47 (2). P. 251–346.

8. Solis M.A. Key to selected Pyraloidea (Lepidoptera) larvae intercepted at U.S. ports of entry: revision of Pyraloidea in “Keys to some frequently intercepted Lepidopterous larvae” // Entomological Society of Washington. 2006. Vol. 101 (3). P. 1–58.

9. Thyssen P.J. Keys for identification of immature insects / Amendt J., Goff M., Campobasso C., Grassberger M., editors. Current concepts in forensic entomology. Dordrecht, Netherlands: Springer, 2009. P. 25–42.

10. Weisman D.M. Larval moth (Lepidoptera) / Insects and mites pests in food. An Illustrated Key. Vol. 655 (1) U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1991. P. 245–267.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ловцова Юлия Александровна, старший научный сотрудник НМО энтомологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; ORCID ID: 0000-0002-7266-6229, e-mail: julialov@inbox.ru

Коваленко Маргарита Григорьевна, старший научный сотрудник лаборатории экологии и генетики насекомых и клещей НМО энтомологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; ORCID ID: 0000-0001-7824-9277, e-mail: bush_zbs@mail.ru

Камаев Илья Олегович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник - заведующий лабораторией экологии и генетики насекомых и клещей НМО энтомологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; ORCID ID: 0000-0003-4251-4862, e-mail: ilyakamayeff@yandex.ru

Gura N.A., Shipulin A.V., Kochiev M.V. // Russian Entomological Journal. 2023. Vol. 32(2). P. 194–197. doi: 10.15298/rusentj.32.2.09

5. Aitken A. A key to the larvae of some species of Phycitinae (Lepidoptera, Pyralidae) associated with stored products, and of some related species // Bulletin of Entomological Research. 1963. Vol. 54 (2). P. 175–188. DOI: 10.1017/S0007485300048720.

6. Hinton H. E. On the homology and nomenclature of the setae of lepidopterous larvae, with some notes on the phylogeny of the Lepidoptera // Transactions of the Royal Entomological Society of London. 1946. Vol. 97 (1). P. 1–37.

7. Hinton H. E. The Larvae of the Species of Tineidae of Economic Importance // Bulletin of Entomological Research. 1956. Vol. 47 (2). P. 251–346.

8. Solis M.A. Key to selected Pyraloidea (Lepidoptera) larvae intercepted at U.S. ports of entry: revision of Pyraloidea in “Keys to some frequently intercepted Lepidopterous larvae” // Entomological Society of Washington. 2006. Vol. 101 (3). P. 1–58.

9. Thyssen P.J. Keys for identification of immature insects / Amendt J., Goff M., Campobasso C., Grassberger M., editors. Current concepts in forensic entomology. Dordrecht, Netherlands: Springer, 2009. P. 25–42.

10. Weisman D.M. Larval moth (Lepidoptera) / Insects and mites pests in food. An Illustrated Key. Vol. 655 (1) U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1991. P. 245–267.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Julia Lovtsova, Senior Researcher, Research and Methodological Department of Entomology, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; ORCID ID: 0000-0002-7266-6229, e-mail: julialov@inbox.ru

Margarita Kovalenko, Senior Researcher, Ecology and Genetics of Insects and Mites Laboratory of the Research and Methodological Department of Entomology, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; ORCID ID: 0000-0001-7824-9277, e-mail: bush_zbs@mail.ru

Ilya Kamayev, PhD in Biology, Leading Researcher, Head of the Ecology and Genetics of Insects and Mites Laboratory of the Research and Methodological Department of Entomology of FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; ORCID ID: 0000-0003-4251-4862, e-mail: ilyakamayeff@yandex.ru

К вопросу о таксономическом статусе и фитосанитарном значении пшеничного клопа *Blissus leucopterus* (Say, 1832)

*ГРЕБЕННИКОВ К.А.¹, КУЛАКОВА Ю.Ю.²

ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений»
(ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. о. Раменский,
Московская обл., Россия, 140150

¹ e-mail: kgrebennikov@gmail.com

² e-mail: kulakova_juliana@vniikr.ru

АННОТАЦИЯ

В статье приведен критический анализ таксономии, распространения и биологических особенностей опасного вредителя зерновых культур, включенного в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза – пшеничного клопа *Blissus leucopterus* (Say, 1832), и близких к нему таксонов («комплекса *Blissus leucopterus*»). Показана неоднозначность видовой принадлежности популяций, акклиматизировавшихся на западе Европейского континента (первоначально идентифицированных Национальной организацией по карантину и защите растений Португалии как *Blissus insularis* Barber, 1918). Рассмотрены возможные пути проникновения пшеничного клопа и близких таксонов на Европейский континент и дальнейшего их распространения. Методами математического моделирования на основе машинного обучения (алгоритм максимальной энтропии) были получены модели экологической ниши и потенциального ареала трех таксонов, понимаемых большинством современных авторов как *Blissus leucopterus leucopterus* (Say, 1832), *Blissus leucopterus hirtus* Montandon, 1893 и *Blissus insularis* Barber, 1918. Была показана высокая вероятность акклиматизации на территории Российской Федерации *B. l. leucopterus* (в первую очередь в Южном и на юге Приволжского федерального округа) и *B. l. hirtus* (Южный, юг Центрального, Приволжского и Уральского федеральных округов) и средняя – *B. insularis* (Краснодарский край). Показана необходимость дальнейшего изучения вероятности негативного экономического воздействия пшеничного клопа и близких таксонов с целью обоснования дополнительных фитосанитарных мер для предотвращения их заноса и распространения.

Ключевые слова: карантин растений, анализ фитосанитарного риска, вредные организмы, таксономия, потенциальный ареал, экологическая ниша, математическое моделирование.

The taxonomic status and phytosanitary significance of *Blissus* *leucopterus* (Say, 1832)

*KONSTANTIN A. GREBENNIKOV¹,
YULIANA YU. KULAKOVA²

FGBU “All-Russian Plant Quarantine Center”
(FGBU “VNIICR”), Bykovo, Ramenskoye,
Moscow Oblast, Russia, 140150

¹ e-mail: kgrebennikov@gmail.com

² e-mail: kulakova_juliana@vniikr.ru

ABSTRACT

The article provides critical analysis of the taxonomy, distribution and biology of the serious pest of grain crops included in the Common List of Quarantine Pests of the Eurasian Economic Union – chinch bug *Blissus leucopterus* (Say, 1832) and related taxa (*Blissus leucopterus* complex). The ambiguity of the species identity of populations adapted in the west of the European continent is shown (initially identified by the National Plant Protection Organization of Portugal as *Blissus insularis* Barber, 1918). Possible pathways of the chinch bug and related taxa into the European continent and their further spread are considered. Using mathematical modeling methods based on machine learning (maximum entropy algorithm), models of the ecological niche and potential range of three taxa, generally accepted by most modern authors as *Blissus leucopterus leucopterus* (Say, 1832), *Blissus leucopterus hirtus* Montandon, 1893 and *Blissus insularis* Barber, 1918 are given. A high probability of adaptation on the territory of the Russian Federation was demonstrated for *B. l. leucopterus* (primarily in the Southern and southern Volga Federal Districts) and *B. l. hirtus* (Southern, south of the Central, Volga and Ural Federal Districts), and medium – *B. insularis* (Krasnodar Krai). The need for further study of the potential negative economic impact of the chinch bug and related taxa is shown in order to justify additional phytosanitary measures to prevent their introduction and spread.

Key words: plant quarantine, pest risk analysis, pests, taxonomy, potential habitat, ecological niche, mathematical modeling.

ВВЕДЕНИЕ



пшеничный клоп *Blissus leucopterus* (Say, 1832) – широко распространенный в Северной Америке опасный вредитель широкого спектра зерновых культур, а также газонных, луговых и пастбищных трав семейства злаковых (Poaceae).

Проведенный ФГБУ «ВНИИКР» (Жимерикин, Смирнов, 2014) анализ фитосанитарного риска показал высокую степень фитосанитарного риска данного вида для Российской Федерации. В связи с этим с 2017 г. пшеничный клоп включен Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза как отсутствующий карантинный вид.

По официальным данным (Lima et al., 2021), с 2019, а фактически (iNaturalist, 2024) не позднее чем с 2018 г., наблюдается активное распространение биологически сходного и таксономически близкого вредителя на Пиренейском полуострове. Национальной организацией по карантину и защите растений Португалии этот вредитель рассматривается как *Blissus insularis* Barber, 1918 (Lima et al., 2021; Bragard et al., 2023). Однако в связи со сложностью разделения *Blissus leucopterus* (Say, 1832) близких к нему таксонов (Leonard, 1966) видовая принадлежность европейских популяций может потребовать уточнения, что показано ниже.

Таким образом, уточненные данные о распространении организма требуют пересмотра оценок связанных с ним фитосанитарных рисков. Кроме того, за время, прошедшее с момента выполнения предшествующего анализа фитосанитарного риска (Жимерикин, Смирнов, 2014), авторами (Гребенников, Кулакова, 2022) были разработаны более совершенные методы оценки рисков, связанных с проникновением и распространением вредителей (насекомых и клещей). В частности, было предложено использование методов математического моделирования экологической ниши и потенциального ареала видов на основе машинного обучения (алгоритм максимальной энтропии). В настоящее время для всех таксонов, входящих в «комплекс *Blissus leucopterus*» (*Blissus leucopterus leucopterus* (Say, 1832), *Blissus leucopterus hirtus* Montandon, 1893 и *Blissus insularis* Barber, 1918) отсутствует научно обоснованный прогноз их распространения на территории Российской Федерации.

Целью исследования авторов было решение показанных выше практических проблем, связанных с возможным проникновением и распространением на территории Российской Федерации одного из наиболее опасных вредителей зерновых культур, которые являются одной из основ сельского хозяйства России.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа основана на анализе имеющихся источников (указанных в основном разделе статьи) и применении методов, разработанных авторами ранее (Гребенников, Кулакова, 2022).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Прежде всего, следует отметить неоднозначность самого номенклатурного названия

INTRODUCTION

Blissus leucopterus (Say, 1832), widely spread in North America, is a pest of a wide range of grain crops, as well as lawn, meadow and pasture grasses of the Poaceae family.

The pest risk analysis conducted by FGBU “VNIICR” (Zhimerikin, Smirnov, 2014) showed a high pest risk of this species for the Russian Federation. In this regard, since 2017, the chinch bug has been included in the Common List of Quarantine Pests of the Eurasian Economic Union as an absent quarantine species.

According to official data (Lima et al., 2021), since 2019, and more precisely (iNaturalist, 2024) no later than since 2018, there has been active spread of the biologically similar and taxonomically related pest on the Iberian Peninsula. The NPPO of Portugal considers this pest as *Blissus insularis* Barber, 1918 (Lima et al., 2021; Bragard et al., 2023). However, due to the complexity of the distinction between *Blissus leucopterus* (Say, 1832) and related taxa (Leonard, 1966), the species of European populations may require clarification, as shown below.

Thus, the updated data on the spread of the pest require a revision of the assessments of the pest risks associated with it. In addition, since the previous pest risk analysis (Zhimerikin, Smirnov, 2014), the authors (Grebennikov, Kulakova, 2022) have developed more advanced methods for assessing the risks associated with the introduction and spread of pests (insects and mites). In particular, methods of mathematical modeling of the ecological niche and potential range of species based on machine learning (maximum entropy algorithm) were proposed to be used. Currently, all the taxa included in the *Blissus leucopterus* complex (*Blissus leucopterus leucopterus* (Say, 1832), *Blissus leucopterus hirtus* Montandon, 1893 and *Blissus insularis* Barber, 1918) lack scientifically justified prediction of their spread on the territory of the Russian Federation.

The aim of the research was to solve the practical problems shown above, related to the possible introduction and spread on the territory of the Russian Federation of one of the most dangerous pests of grain crops, which are one of the foundations of Russian agriculture.

MATERIALS AND METHODS

The work is based on the analysis of available sources (indicated in the main section of the article) and the application of methods previously developed by the authors (Grebennikov, Kulakova, 2022).

RESULTS AND DISCUSSION

First of all, it should be noted that the nomenclatural name of the taxa under consideration is ambiguous. The application scope of the generic epithet *Blissus* Burmeister, 1835 remains controversial in modern taxonomy. On the one hand, the first described (and typical

рассматриваемых таксонов. Область применения родового эпитета *Blissus* Burmeister, 1835 в современной систематике остается спорной. С одной стороны, первым описанным (и типовым по моно-типии) видом рода является широко распространенный в тропической Азии и Африке *Blissus hirtulus* Burmeister, 1835. В силу этого, родовое название, в соответствии с принципом приоритета более раннего названия, должно относиться к небольшой группе, распространенной в Старом Свете. Данной точки зрения придерживаются все европейские специалисты по полужесткокрылым, и она отражена и обоснована в том числе в каталоге клопов Палеарктики (Aukema et al., 2001).

При этом название *Blissus* с конца XIX века применялось также американскими энтомологами к совершенно иной группе видов (не родственной *Blissus* sensu Burmeister, 1835), включающей таксон, описанный в 1832 г. из Вирджинии Сэем, как *Lygaeus leucopterus* Say, 1832. В целях устранения этого противоречия в 1961 году в Международную комиссию по зоологической номенклатуре (МКЗН) было направлено предложение (Slater, China, 1961) установить новым типовым видом рода *Blissus* вид *Lygaeus leucopterus* Say, 1832, а виды, относящиеся к *Blissus* sensu Burmeister, 1835, включить в *Geoblissus* Hidaka, 1959 (с типовым видом *Geoblissus rotundatus* Hidaka, 1959, который в настоящее время рассматривается как младший синоним *Blissus hirtulus* Burmeister, 1835). Обоснованием этого предложения являлось формальное значительное преобладание литературных источников, в которых название *Blissus* применяется к американской группе видов (являющейся массовой и хозяйственно важной) (Torre-Bueno, 1946; Henry, Froeschner, 1988). В 1964 г. МКЗН приняла решение отклонить предложение американских авторов и сохранить приоритет *B. hirtulus* как типового вида рода *Blissus*. Все виды, описанные из Нового Света, включая *Lygaeus leucopterus* Say, 1832, было рекомендовано рассматривать в составе рода *Neoblissus* Bergroth, 1903.

Однако Джеймс Слейтер и его коллеги из США посчитали решение МКЗН неправомерным (Slater, 1979) и продолжили в своих работах использование родового эпитета в соответствии со своим предложением. Данное противоречие остается не урегулированным до настоящего времени, и в последних каталогах клопов Старого (Aukema et al., 2001) и Нового (Henry, Froeschner, 1988) Света родовой эпитет *Blissus* по-прежнему применяется к двум довольно отдаленным группам внутри подсемейства *Blissinae*. Ситуация усложняется тем, что часть американских специалистов признает самостоятельность рода *Neoblissus*, но относит к нему только небольшое число мелких бескрылых видов, специализированных к обитанию в гнездах муравьев рода *Solenopsis* Westwood, 1840.

Таким образом, используемые как в Едином перечне карантинных объектов Евразийского экономического союза, так и здесь названия пшеничного клопа и близких таксонов являются некорректными с точки зрения международной зоологической номенклатуры и естественной таксономии семейства. Но в то же время какие-либо иные номенклатурные комбинации для них (например, *Neoblissus leucopterus*) также никем не опубликованы должным

by monotypy) species of the genus is widespread in tropical Asia and Africa *Blissus hirtulus* Burmeister, 1835. For this reason, the generic name, in accordance with the principle of priority of the earlier name, must refer to a small group common in the Old World. This point of view is shared by all European specialists in Hemiptera, and it is reflected and substantiated, among other things, in the catalogue of Palearctic bugs (Aukema et al., 2001).

Moreover, the name *Blissus* has also been applied by American entomologists since the late 19th century to a completely different species group (not related with *Blissus* sensu Burmeister, 1835), including a taxon described in 1832 from Virginia by Say as *Lygaeus leucopterus* Say, 1832. In order to resolve this contradiction, in 1961 a proposal was submitted to the International Commission on Zoological Nomenclature (ICZN) (Slater, China, 1961) to establish the species *Lygaeus leucopterus* Say, 1832 of the genus *Blissus* as a new type species, while the species belonging to *Blissus* sensu Burmeister, 1835 to be included in *Geoblissus* Hidaka, 1959 (with the type species being *Geoblissus rotundatus* Hidaka, 1959, which is nowadays considered as a smaller synonym for *Blissus hirtulus* Burmeister, 1835). The justification of this proposal was a formal significant predominance of literary sources in which the title *Blissus* was applied to the American species group (being massive and economically important) (Torre-Bueno, 1946; Henry, Froeschner, 1988). In 1964, the ICZN decided to reject the proposal of the American authors and maintain priority for *B. hirtulus* as a type species of the genus *Blissus*. All the species described from the New World, including *Lygaeus leucopterus* Say, 1832, were recommended to be considered as belonging to the genus *Neoblissus* Bergroth, 1903.

However, James Slater and his colleagues from the USA considered the ICZN decision to be unjustified (Slater, 1979) and continued to use the generic epithet in their works in accordance with their proposal. This contradiction remains unresolved to this day, and in the latest catalogues of Old (Aukema et al., 2001) and New (Henry, Froeschner, 1988) World bugs, the generic epithet *Blissus* continues to be applied to two rather distant groups within the subfamily Blissinae. The situation is complicated by the fact that some American experts recognize the independence of the genus *Neoblissus*, but classify it only as a small number of small wingless species specialized for living in the ant nests of the genus *Solenopsis* Westwood, 1840.

Thus, the names of the chinch bug and related taxa used both in the Common List of Quarantine Pests of the Eurasian Economic Union and here are incorrect from the point of view of international zoological nomenclature and natural taxonomy of the family. But at the same time, any other nomenclature combinations for them (for example, *Neoblissus leucopterus*) have also not been published properly by anyone and cannot be used in accordance with the same rules of the International Code of Zoological Nomenclature. Thus, until

образом и не могут использоваться в соответствии с теми же правилами международного кодекса зоологической номенклатуры. Таким образом, до решения этого формального противоречия не представляется возможным дать какие-либо рекомендации по установлению более корректного названия для пшеничного клопа в нормативных документах.

Таксономия комплекса, включающего в себя *Blissus leucopterus* (Say, 1832) и сходные с ним формы, также остается недостаточно выясненной. Единственная ревизия комплекса выполнена более 50 лет назад (Leonard, 1966). Самостоятельность трех рассматриваемых здесь таксонов была обоснована в ней преимущественно результатами экспериментов по скрещиванию видов. Самим автором отмечена крайняя степень морфологического сходства: «Comparative studies of morphology of adults of the *leucopterus* complex have shown that only subspecies of *arenarius* can be easily separated by this means. ... Morphological differences found in *hirtus*, *leucopterus*, and *insularis* are more tenuous. As populations, these forms can be separated, but with single specimens or short series, identification is frequently very difficult. This is due to the large amount of variation in individuals, and morphological similarity» («Сравнительные исследования морфологии взрослых особей комплекса *leucopterus* показали, что только подвид *arenarius* может быть отделен этим способом. <...> Морфологические различия, обнаруженные у *hirtus*, *leucopterus* и *insularis*, более слабые. Как популяции эти формы можно разделить, но при наличии единичных экземпляров или коротких серий идентификация часто бывает очень трудной. Это связано с большим количеством вариаций у отдельных особей и морфологическим сходством»). *Blissus arenarius* Barber, 1918 не рассматривается здесь в связи с его несомненной таксономической самостоятельностью. Прочие три номинальных таксона (но не комплекс в целом) не могут с уверенностью рассматриваться как ясные таксономические единицы, которые можно было бы достоверно идентифицировать известными методами (в том числе молекулярно-генетическими, которые в настоящее время не разработаны) на основе одной особи.

В связи с этим данные о распространении пшеничного клопа и близких таксонов также нуждаются в критической оценке. Ревизия комплекса (Leonard, 1966) охватывала лишь территорию США и Канады, распространение и само наличие рассматриваемых таксонов за пределами этих стран довольно спорно. Например, в результате пересмотра указаний *B. insularis* для Карибского региона Леонардом (Leonard, 1968a) были описаны 3 новых для науки вида, при этом *B. insularis* выявлен не был. Современные ревизии рода, охватывающие Центральную и Южную Америку, в настоящее время отсутствуют. Таким образом, к достоверно известному естественному ареалу комплекса можно с уверенностью отнести только восточные регионы США и Канады. Более широкое распространение, приводимое во многих источниках (EPPO Global Database, 2024; GBIF, 2024), не имеет под собой научного обоснования и основано на указаниях XIX и начала XX века, когда таксон *Blissus leucopterus* имел чрезвычайно широкое понимание.

this formal contradiction is resolved, it is not possible to give any recommendations on establishing a more correct name for the chinch bug in regulatory documents.

The taxonomy of the complex including *Blissus leucopterus* (Say, 1832) and similar forms also remains poorly determined. The only revision of the complex was made over 50 years ago (Leonard, 1966). The independence of the three taxa considered here was substantiated in it mainly by the results of experiments on crossing species. The author himself noted the extreme degree of morphological similarity: “Comparative studies of the *leucopterus* complex adult morphology have shown that only subspecies of *arenarius* can be easily separated by this means. ... Morphological differences found in *hirtus*, *leucopterus*, and *insularis* are more tenuous. As populations, these forms can be separated, but with single specimens or short series, identification is frequently very difficult. This is due to the large amount of variation in individuals, and morphological similarity”. *Blissus arenarius* Barber, 1918 is not considered here due to its undoubted taxonomic independence. The other three nominal taxa (but not the complex as a whole) cannot be considered with certainty as clear taxonomic units that could be reliably identified by known methods (including molecular genetic ones, which have not been developed at present) on the basis of a single individual.

In this regard, data on the distribution of the chinch bug and related taxa also require critical assessment. The revision of the complex (Leonard, 1966) covered only the territory of the USA and Canada, the distribution and the very presence of the considered taxa outside these countries is quite disputable. For example, Leonard's (1968a) revision of the *B. insularis* records for the Caribbean region described three species new to science, though *B. insularis* was not detected. There are no up-to-date revisions of the genus that include Central and South America. Thus, only the eastern regions of the United States and Canada can be confidently attributed to the reliably known natural range of the complex. The wider distribution given in many sources (EPPO Global Database, 2024; GBIF, 2024) has no scientific foundation and is based on records from the 19th and early 20th centuries, when the taxon *Blissus leucopterus* had an extremely broad understanding.

In 2019, one of the species of the complex was detected in Europe (Portugal) and is now widespread in the western Iberian Peninsula (Lima et al., 2021; Bragard et al., 2023). These findings were identified as *Blissus insularis* and are currently being considered by EPPO (EPPO Global Database, 2024) under this name. However, this point of view cannot be considered definitively proven. Identification by morphological methods was based only on the Florida species key (Slater, Baranowski, 1990) without taking into account the wide variability described by Leonard (Leonard, 1966;

В 2019 году один из видов комплекса был выявлен в Европе (Португалия) и в настоящее время широко распространился на западе Пиренейского полуострова (Lima et al., 2021; Bragard et al., 2023). Эти находки были идентифицированы как *Blissus insularis* и в настоящее время рассматриваются ЕОКЗР (EPPO Global Database, 2024) именно под этим названием. Однако эту точку зрения нельзя считать окончательно доказанной. Идентификация морфологическими методами была основана лишь на ключах для определения видов штата Флорида (Slater, Baranowski, 1990) без учета широкой изменчивости, описанной Леонардом (Leonard, 1966; Leonard, 1968b). Попытка идентификации молекулярно-генетическими методами не дала результата: «The results of the molecular studies confirmed they belong to the genus *Blissus*, but did not allow the identification at the species level» («Результаты молекулярных исследований подтвердили их принадлежность к роду *Blissus*, но не позволили идентифицировать их на видовом уровне»). Более того, в соответствующем разделе статьи (Molecular studies) указано, что последовательность гена цитохром-с-оксидазы субъединицы I у португальских популяций оказалась более сходной с *hirtus* и *leucopterus*, и в наименьшей степени – с *insularis*. Сравнение европейских экземпляров с материалом из Северной Америки авторами не было проведено. Исходя из этого, идентичность европейских популяций требует дополнительного прояснения в отношении того, относятся они к *insularis* или *leucopterus* в концепции Леонарда. До окончательного выяснения этого вопроса с учетом имеющихся противоречий при оценке фитосанитарных рисков для Российской Федерации мы считаем целесообразным учитывать возможность неверной идентификации европейских особей и предполагать, что они могут относиться к *B. leucopterus* в узком понимании этого таксона. Несомненным фактом может считаться лишь успешная акклиматизация данного вида на Европейском континенте. Сравнение официальных данных (Bragard et al., 2023) с независимыми наблюдениями (iNaturalist, 2024) показывает дальнейшее быстрое распространение вредителя, к концу 2024 г. достигшим территории не только Португалии, но и Испании (Севилья).

Помимо естественного расселения летающих имаго, пути распространения видов комплекса крайне слабо изучены. Тем не менее факт успешной акклиматизации на европейском континенте доказывает их существование. Исходя из биологических особенностей (Leonard, 1966), единственным видом перемещаемой продукции, в которой возможно сохранение пшеничного клопа в жизнеспособном состоянии, являются живые растения семейства злаковых (Poaceae). Предположение о продукции зерна и транспортных средствах как путях заноса пшеничного клопа на новые территории (Жимерикин, Смирнов, 2014) представляется крайне сомнительным. Диапаузирующие клопы агрегируются на корнях дикорастущих злаков, покидая культуры преимущественно до созревания и уборки урожая (Leonard, 1966), и попадание их в продукцию может носить лишь редкий и случайный характер. Кроме того, неизвестны какие-либо достоверные выявления живых имаго

Leonard, 1968b). An attempt at identification using molecular genetic methods was unsuccessful: “The results of the molecular studies confirmed they belong to the genus *Blissus*, but did not allow the identification at the species level”. Moreover, in the relevant section of the article (“Molecular studies”) it is indicated that the sequence of the cytochrome c oxidase gene subunit I in the Portuguese populations was found to be more similar to *hirtus* and *leucopterus*, and to the least extent to *insularis*. The authors did not compare the European specimens with the material from North America. Based on this, the identity of the European populations requires additional clarification regarding whether they belong to *insularis* or *leucopterus* in Leonard’s concept. Until this issue is finally clarified, given the existing contradictions in assessing pest risks for the Russian Federation, we consider it appropriate to take into account the possibility of incorrect identification of European individuals and assume that they may belong to *B. leucopterus* in the narrow sense of this taxon. Only the successful adaptation of this species on the European continent can be considered an undoubted fact. Comparison of official data (Bragard et al., 2023) with independent observations (iNaturalist, 2024) shows a further rapid spread of the pest, reaching not only Portugal but also Spain (Seville) by the end of 2024.

Apart from the natural spreading of flying adults, the pathways of the species of the complex are extremely poorly studied. However, the fact of successful adaptation on the European continent proves their existence. Based on biological characteristics (Leonard, 1966), the only type of transported product in which the chinch bug can remain viable are live plants of the Poaceae family. The assumption about grain production and transport vehicles as pathways of the chinch bug to new territories (Zhimerikin, Smirnov, 2014) seems extremely doubtful. Diapausing bugs aggregate on the roots of wild cereals, leaving crops mainly before ripening and harvesting (Leonard, 1966), and their entry into products can only be rare and accidental. In addition, there are no known reliable detections of live adults either in grain products or in the vehicles transporting it.

The authors assessed the chinch bug and related taxa spread probability using methods of mathematical modeling of the ecological niche and potential range of species based on machine learning.

The basis for the set of species registration points for constructing a model of the potential range of the chinch bug and related taxa was the data of the global biodiversity system GBIF, 2024, as well as data on species detections from some publications (Leonard, 1966, 1968, 1968a; Ahmad et al., 1980; Lamp, Holtzer, 1980; Slater, Baranowski, 1990; Spice et al., 1994). After excluding obviously erroneous indications and checking the accuracy of the rest (if possible), a set of 406 registration points was obtained for *B. l. leucopterus*, 69 *B. l. hirtus* and 68 *B. insularis*. Unfortunately, in

ни в продукции зерна, ни в перевозящих его транспортных средствах.

Авторами была проведена оценка вероятности распространения пшеничного клопа и близких таксонов методами математического моделирования экологической ниши и потенциального ареала видов на основе машинного обучения.

Основой набора точек регистрации вида для построения модели потенциального ареала пшеничного клопа и близких таксонов были данные глобальной системы по биоразнообразию GBIF-2024, а также данные о находках видов из некоторых публикаций (Leonard, 1966, 1968, 1968a; Ahmad et al., 1980; Lamp, Holtzer, 1980; Slater, Baranowski, 1990; Spice et al., 1994). После исключения заведомо ошибочных указаний и проверки достоверности остальных (при наличии такой возможности) был получен набор из 406 точек регистрации *B. l. leucopterus*, 69 *B. l. hirtus* и 68 *B. insularis*. К сожалению, во многих источниках *Blissus leucopterus* понимается в его более широком и старом объеме, а внешние отличия форм комплекса весьма незначительны, что затрудняет проверку идентификации даже при наличии доступных изображений образцов.

В целях устранения пространственной автокорреляции были сформированы наборы точек регистрации с пространственным разрежением до 5, 10 и 20 км (минимальное расстояние между точками). Изменение общего индекса Морана I (Global Moran's I) при пространственном разрежении точек регистрации *B. l. leucopterus* по 30 параметрам окружающей среды. Было показано, что разрежение более чем на 5 км практически не влияет на пространственную автокорреляцию данных, в связи с чем разрежение на 5 км можно считать оптимальным – обеспечивающим наибольший объем исходных данных для построения модели при показателе автокорреляции, близком к минимально достижимому.

Исходя из этого, для последующих экспериментов были отобраны наборы точек регистрации, содержащие 130 достоверных мест находок *B. l. leucopterus*, 38 – *B. l. hirtus* и 59 – *B. insularis*.

Для установления возможных наборов предикторов, определяющих абиотические факторы среды в местах обитания вида, были взяты 30 биоклиматических переменных BIOCLIM (Booth et al., 2014) и ENVIREM (Title, Bemmels, 2018). Указанные растровые слои с разрешением 5 угловых минут были обработаны в геоинформационной среде QGIS для получения единого пространственного охвата.

Далее в среде R была получена корреляционная матрица значений предикторов в пределах ареала пшеничного клопа и близких таксонов. В целях устранения коллинеарности на ее основе были подготовлены 4 набора предикторов, коэффициент корреляции Пирсона внутри каждого из которых между двумя любыми предикторами не выходит за пределы интервала от -0,7 до 0,7. Перечисленные наборы составлены исходя из различных гипотез о влиянии на распространение вида минимальных годовых температур, средних температур наиболее холодного квартала, сумм положительных температур, общего количества осадков, сезонности их распределения и общей засушливости климата для последующего выбора

many sources *Blissus leucopterus* is considered in its broader and older scope, and the external differences in the forms of the complex are very minor, which makes it difficult to verify the identification even with available images of specimens.

In order to eliminate spatial autocorrelation, sets of registration points were formed with spatial sparseness of up to 5, 10 and 20 km (minimum distance between points). Change in the global Moran's I index with spatial sparseness of *B. l. leucopterus* registration points for 30 environmental parameters. It was shown that sparseness of more than 5 km has virtually no effect on the spatial data autocorrelation, and therefore sparseness of 5 km can be considered optimal - providing the largest volume of initial data for building a model with an autocorrelation index close to the minimum achievable.

Based on this, sets of registration points containing 130 reliable detection locations of *B. l. leucopterus* were selected for subsequent experiments, 38 – *B. l. hirtus*, and 59 – *B. insularis*.

To establish possible predictor sets that determine abiotic environmental factors in the species habitats, 30 bioclimatic variables from BIOCLIM (Booth et al., 2014) and ENVIREM (Title, Bemmels, 2018) were used. The specified raster layers with a resolution of 5 arc minutes were processed in the QGIS geoinformation environment to obtain a unified spatial coverage.

Next, a correlation matrix of predictor values within the range of the chinch bug and related taxa was obtained with R software. In order to eliminate collinearity, 4 predictor sets were prepared on its basis, the Pearson correlation coefficient within each of which between any two predictors does not exceed the interval from -0.7 to 0.7. The listed sets are compiled based on various hypotheses about the influence of minimum annual temperatures, average temperatures of the coldest quarter, sums of positive temperatures, total precipitation, seasonality of their distribution and general aridity of the climate on the species distribution for the subsequent selection of the most reliable hypothesis by machine learning.

Thus, a set of registration points of the chinch bug and related taxa and four sets of predictors for subsequent modeling of the ecological niche and potential range of the species were obtained. In the R environment, based on previously prepared initial data, 2108 variants of the ecological niche model for each of the three species of the *Blissus leucopterus* complex (a total of 6324 model variants) were prepared using the kuenm package (Cobos et al., 2019) (MaxEnt algorithm). Models with the best statistical indicators were determined by calibration.

The maximum values of the adaptation probability indicators for the Russian Federation were 0.52 for *B. l. leucopterus*, 0.63 for *B. l. hirtus* and 0.24 for *B. insularis*. In accordance with the methodology previously developed by the authors (Grebennikov, Kulakova,

наиболее достоверной гипотезы путем машинного обучения.

Таким образом были получены набор точек регистрации пшеничного клопа и близких таксонов и четыре набора предикторов для последующего моделирования экологической ниши и потенциального ареала вида. В среде R на основе ранее подготовленных исходных данных с помощью средств пакета kuenm (Cobos et al., 2019) (алгоритм MaxEnt) были подготовлены 2108 вариантов модели экологической ниши для каждого из трех видов комплекса *Blissus leucopterus* (всего 6324 вариантов моделей). Путем калибровки были определены модели с наилучшими статистическими показателями.

Максимальные значения показателей вероятности акклиматизации для Российской Федерации составили 0,52 для *B. l. leucopterus*, 0,63 для *B. l. hirtus* и 0,24 для *B. insularis*. В соответствии с методикой, разработанной ранее авторами (Гребенников, Кулакова, 2022), итоговая оценка вероятности акклиматизации пшеничного клопа и близких таксонов на территории Российской Федерации показывает высокий риск их акклиматизации, с высоким риском для *B. l. leucopterus* и *B. l. hirtus* и средним риском для *B. insularis*. Зонами с наибольшей вероятностью акклиматизации на основе построенных моделей могут считаться Южный и юг Приволжского федерального округа для *B. l. leucopterus*, Южный, юг Центрального, Приволжского и Уральского федеральных округов для *B. l. hirtus* и Краснодарский край для *B. insularis*.

Окончательный вывод о соответствии пшеничного клопа и близких к нему таксонов критериям карантинного объекта может быть сделан на основе дополнительной оценки потенциального негативного воздействия на территории Российской Федерации (в первую очередь экономического). Решение данной задачи является целью следующего этапа работы авторов. По ее выполнению будет проведен анализ фитосанитарного риска в соответствии с действующей нормативно-правовой базой и даны рекомендации по снижению рисков, связанных с данной группой организмов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Была показана таксономическая сложность «комплекса *Blissus leucopterus*» (включая *Blissus leucopterus leucopterus* (Say, 1832), *Blissus leucopterus hirtus* Montandon, 1893 и *Blissus insularis* Barber, 1918), не позволяющая рассматривать каждый из таксонов как ясную таксономическую единицу, которую можно было бы уверенно идентифицировать известными методами на основе одной особи. Показана высокая вероятность акклиматизации видов комплекса на территории Российской Федерации. В ходе последующей работы авторами будет оценен возможный экономический ущерб в случае проникновения и распространения этих видов, проведен анализ фитосанитарного риска в соответствии с действующей нормативно-правовой базой и предложены дополнительные фитосанитарные меры для предотвращения их заноса и распространения пшеничного клопа (*Blissus leucopterus* (Say, 1832)) в его широком понимании.

2022), the final assessment of the adaptation probability of the chinch bug and related taxa in the territory of the Russian Federation shows a high risk of their adaptation, with a high risk for *B. l. leucopterus* and *B. l. hirtus* and a medium risk for *B. insularis*. The zones with the highest adaptation probability based on the constructed models can be considered the Southern and southern Volga Federal District for *B. l. leucopterus*, the Southern, southern Central, Volga and Ural Federal Districts for *B. l. hirtus* and Krasnodar Krai for *B. insularis*.

The final conclusion on the compliance of the chinch bug and related taxa with the criteria of a quarantine pest can be made on the basis of an additional assessment of the potential negative impact on the territory of the Russian Federation (primarily economic). The solution to this problem is the next stage aim of the authors' work. Upon its implementation, pest risk analysis will be carried out in accordance with the current regulatory framework and recommendations will be given to reduce the risks associated with this group of organisms.

CONCLUSION

The taxonomic difficulty of the *Blissus leucopterus* complex was shown (including *Blissus leucopterus leucopterus* (Say, 1832), *Blissus leucopterus hirtus* Montandon, 1893 and *Blissus insularis* Barber, 1918), which does not allow considering each of the taxa as a clear taxonomic unit that could be confidently identified by known methods based on a single individual. A high adaptation probability of species of the complex on the territory of the Russian Federation is shown. In the course of subsequent work, the authors will assess the possible economic damage in the event of introduction and spread of these species, conduct pest risk analysis in accordance with the current regulatory framework, and propose additional phytosanitary measures to prevent the introduction and spread of the chinch bug (*Blissus leucopterus* (Say, 1832)) in its broad sense.

Acknowledgements

The work was carried out within the framework of the state assignment for the execution of state works (No. EGISU NIOKTR 124030400026-0).

REFERENCES

1. Grebennikov K.A., Kulakova Yu.Yu. 2022. Development of methods for mathematical modeling of the probability of introduction, spread and negative impact of quarantine insect species for the purpose of scientific and methodological support for the implementation of pest risk analysis for the territory of the Russian Federation (interim report) (manuscript) [Razrabotka metodov matematicheskogo modelirovaniya veroyatnosti proniknoveniya, rasprostraneniya i negativnogo vozdeystviya karantinnykh vidov nasekomykh v tselyakh nauchno-metodicheskogo obespecheniya]

Благодарность.

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение государственных работ (№ ЕГИСУ НИОКТР 124030400026-0).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гребенников К.А., Кулакова Ю.Ю. 2022. Разработка методов математического моделирования вероятности проникновения, распространения и негативного воздействия карантинных видов насекомых в целях научно-методического обеспечения выполнения анализа фитосанитарного риска для территории Российской Федерации (промежуточный отчет) (рукопись). Инв. № 16-2022 ПО ВНИИКР. Быково, ФГБУ «ВНИИКР». 139 с. № ЕГИСУ НИОКТР 122041300171-6.
2. Жимерикин В.Н., Смирнов Ю.В., 2014. Анализ фитосанитарного риска пшеничного клопа *Blissus leucopterus* Say для территории Российской Федерации. 24-2014 АФР ВНИИКР. Москва. 40 с.
3. Ahmad T.R., K. P. Pruess K.P., Kindler S.D., 1980. Non-Crop Grasses as Hosts for the Chinch Bug, *Blissus leucopterus leucopterus* (Say) (Hemiptera: Lygaeidae). // Journal of the Kansas Entomological Society, Vol. 57, No. 1. P. 17–20.
4. Aukema B., Rieger C. (Editors). Catalogue of the Heteroptera of the Palaearctic Region, vol. 4: Pentatomomorpha 1. 2001. 346 p.
5. Bragard C., Baptista P., Chatzivassiliou E., Di Serio F., Gonthier P., Miret J.A.P., Justesen A.F., Magnusson Ch.S., Milonas P., A Navas-Cortes J., Parnell S., Potting R., Reignault Ph.L., Stefani E., Thulke H., Van der Werf W., Civera A.V., Yuen J., Zappala L., Gregoire J.-C., Malumphy Ch., Kertesz V., Maiorano A., MacLeod A. 2023. Pest categorisation of *Blissus insularis*. // EFSA Journal, Volume 21, Issue 7. P. 1–25. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.8121>
6. Booth T.H., Nix H.A., Busby J.R., Hutchinson M.F. 2014. BIOCLIM: the first species distribution modelling package, its early applications and relevance to most current MAXENT studies. // Diversity and Distributions, 20(1). P. 1–9.
7. Henry T.J., Froeschner R.C. (Eds), 1988. Catalog of the Heteroptera, or True Bugs, of Canada and the Continental United States. EJ Brill, Leiden, 958 pp.
8. EPPO Global Database, 2024. URL: <https://gd.eppo.int/> (accessed 23.10.2024)
9. GBIF, 2024. URL: [GBIF.org](https://gbif.org) (accessed 23.10.2024)
10. iNaturalist, 2024. URL: <https://www.inaturalist.org> (accessed 23.10.2024)
11. Cobos M.E., Peterson A.T., Barve N., Osorio-Olvera L., 2019. kuenm: an R package for detailed development of ecological niche models using Maxent. // PeerJn 7, e6281. P. 1–15. DOI: 10.7717/peerj.6281
12. Lamp W.O., Holtzer T.O., 1980. Distribution of Overwintering Chinch Bugs, *Blissus leucopterus leucopterus* (Hemiptera: Lygaeidae). // Journal of the Kansas Entomological Society, Vol. 53, No. 2. P. 320–324.
13. Leonard D.E., 1966. Biosystematics of the “leucopterus complex” of the genus *Blissus* (Heteroptera: Lygaeidae). // Connecticut Agricultural Experiment Station Bulletin, 677. P. 1–47.
14. Leonard D.E., 1968a. Three new species of *Blissus* from the Antilles (Heteroptera: Lygaeidae). // Proceedings of the Entomological Society of Washington, 70. P. 150–153.

выполнения анализа фитосанитарного риска для территории Российской Федерации. Инв. № 16-2022 ПО ВНИИКР. Быково, ФГБУ «ВНИИКР». 139 p. No. EGISU NIOKTR 122041300171-6. (In Russ.)

2. Zhimerikin V.N., Smirnov Yu.V. Pest risk analysis of chinch bug *Blissus leucopterus* Say for the territory of the Russian Federation [Analiz fitosanitarnogo riska pshenichnogo klopa *Blissus leucopterus* Say dlya territorii Rossiyskoy Federatsii]. 24-2014 AFR VNI IKR. Moscow. 2014; 40 p. (In Russ.)

3. Ahmad T.R., K. P. Pruess K.P., Kindler S.D., 1980. Non-Crop Grasses as Hosts for the Chinch Bug, *Blissus leucopterus leucopterus* (Say) (Hemiptera: Lygaeidae). // Journal of the Kansas Entomological Society, Vol. 57, No. 1. P. 17–20.

4. Aukema B., Rieger C. (Editors). Catalogue of the Heteroptera of the Palaearctic Region, vol. 4: Pentatomomorpha 1. 2001. 346 p.

5. Bragard C., Baptista P., Chatzivassiliou E., Di Serio F., Gonthier P., Miret J.A.P., Justesen A.F., Magnusson Ch.S., Milonas P., A Navas-Cortes J., Parnell S., Potting R., Reignault Ph.L., Stefani E., Thulke H., Van der Werf W., Civera A.V., Yuen J., Zappala L., Gregoire J.-C., Malumphy Ch., Kertesz V., Maiorano A., MacLeod A. 2023. Pest categorisation of *Blissus insularis*. // EFSA Journal, Volume 21, Issue 7. P. 1–25. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.8121>

6. Booth T.H., Nix H.A., Busby J.R., Hutchinson M.F. 2014. BIOCLIM: the first species distribution modelling package, its early applications and relevance to most current MAXENT studies. // Diversity and Distributions, 20(1). P. 1–9.

7. Henry T.J., Froeschner R.C. (Eds), 1988. Catalog of the Heteroptera, or True Bugs, of Canada and the Continental United States. EJ Brill, Leiden, 958 pp.

8. EPPO Global Database, 2024. URL: <https://gd.eppo.int/> (accessed 23.10.2024)

9. GBIF, 2024. URL: [GBIF.org](https://gbif.org) (accessed 23.10.2024)

10. iNaturalist, 2024. URL: <https://www.inaturalist.org> (accessed 23.10.2024)

11. Cobos M.E., Peterson A.T., Barve N., Osorio-Olvera L., 2019. kuenm: an R package for detailed development of ecological niche models using Maxent. // PeerJn 7, e6281. P. 1–15. DOI: 10.7717/peerj.6281

12. Lamp W.O., Holtzer T.O., 1980. Distribution of Overwintering Chinch Bugs, *Blissus leucopterus leucopterus* (Hemiptera: Lygaeidae). // Journal of the Kansas Entomological Society, Vol. 53, No. 2. P. 320–324.

13. Leonard D.E., 1966. Biosystematics of the “leucopterus complex” of the genus *Blissus* (Heteroptera: Lygaeidae). // Connecticut Agricultural Experiment Station Bulletin, 677. P. 1–47.

14. Leonard D.E., 1968a. Three new species of *Blissus* from the Antilles (Heteroptera: Lygaeidae). // Proceedings of the Entomological Society of Washington, 70. P. 150–153.

15. Leonard D.E., 1968b. A revision of the genus *Blissus* (Heteroptera: Lygaeidae) in eastern North

15. Leonard D.E., 1968b. A revision of the genus *Blissus* (Heteroptera: Lygaeidae) in eastern North America. // Annals of the Entomological Society of America, 61. P. 239–250.

16. Lima A., Valada T., Caetano M.F. et al. 2021. First record of the lawn chinch bug *Blissus insularis* Barber (Hemiptera: Blissidae) in Europe. // Phytoparasitica 49. P. 539–545. <https://doi.org/10.1007/s12600-021-00903-1>

17. Say T. 1832. Descriptions of new species of Heteropterous Hemiptera of North America. // Annual Report of New-York State Agricultural Society New Harmony Indiana. P. 310–368.

18. Slater J.A., 1979. The systematics, phylogeny, and zoogeography of the Blissinae of the world (Hemiptera, Lygaeidae). // Bulletin of the American Museum of Natural History, 165 (1). P. 1–180.

19. Slater J.A., China W.E., 1961. *Blissus* Burmeister, 1835 (Insecta, Hemiptera): Proposed designation of a type species under the plenary powers. Z.N.(S.) 1471. // Bulletin of Zoological Nomenclature, 18. P. 346–348.

20. Slater, J.A. and R.M. Baranowski. 1990. The Lygaeidae of Florida (Hemiptera: Lygaeidae). Arthropods of Florida and Neighboring Land Areas. Vol. 14. Florida Dept. of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, Gainesville. xv + 211 pp.

21. Spice B.P., Wilde G.E., Mize T.W., Wright R.J., Danielson S.D. 1994. Bibliography of chinch bug, *Blissus leucopterus leucopterus* (Say) (Heteroptera: Lygaeidae) since 1888 // J. Journal of the Kansas entomological society, v. 67, N 1. P. 116–125.

22. Title P.O., Bemmels J.B. 2018. ENVIREM: an expanded set of bioclimatic and topographic variables increases flexibility and improves performance of ecological niche modeling. // Ecography, 41. P. 291–307.

23. Torre-Bueno J.R., 1946. A synopsis of the Hemiptera-Heteroptera of America north of Mexico. Part III. Family XI - Lygaeidae. // Entomologica Americana (New Series), 26. P. 1–141.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гребенников Константин Алексеевич, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии и генетики насекомых и клещей ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; e-mail: kgrebennikov@gmail.com

Кулакова Юлиана Юрьевна, ведущий научный сотрудник-начальник научно-методического отдела инвазивных видов растений ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; e-mail: kulakova_juliana@vniikr.ru

America. // Annals of the Entomological Society of America, 61. P. 239–250.

16. Lima A., Valada T., Caetano M.F. et al. 2021. First record of the lawn chinch bug *Blissus insularis* Barber (Hemiptera: Blissidae) in Europe. // Phytoparasitica 49. P. 539–545. <https://doi.org/10.1007/s12600-021-00903-1>

17. Say T. 1832. Descriptions of new species of Heteropterous Hemiptera of North America. // Annual Report of New-York State Agricultural Society New Harmony Indiana. P. 310–368.

18. Slater J.A., 1979. The systematics, phylogeny, and zoogeography of the Blissinae of the world (Hemiptera, Lygaeidae). // Bulletin of the American Museum of Natural History, 165 (1). P. 1–180.

19. Slater J.A., China W.E., 1961. *Blissus* Burmeister, 1835 (Insecta, Hemiptera): Proposed designation of a type species under the plenary powers. Z.N.(S.) 1471. // Bulletin of Zoological Nomenclature, 18. P. 346–348.

20. Slater, J.A. and R.M. Baranowski. 1990. The Lygaeidae of Florida (Hemiptera: Lygaeidae). Arthropods of Florida and Neighboring Land Areas. Vol. 14. Florida Dept. of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, Gainesville. xv + 211 pp.

21. Spice B.P., Wilde G.E., Mize T.W., Wright R.J., Danielson S.D. 1994. Bibliography of chinch bug, *Blissus leucopterus leucopterus* (Say) (Heteroptera: Lygaeidae) since 1888 // J. Journal of the Kansas entomological society, v. 67, N 1. P. 116–125.

22. Title P.O., Bemmels J.B. 2018. ENVIREM: an expanded set of bioclimatic and topographic variables increases flexibility and improves performance of ecological niche modeling. // Ecography, 41. P. 291–307.

23. Torre-Bueno J.R., 1946. A synopsis of the Hemiptera-Heteroptera of America north of Mexico. Part III. Family XI - Lygaeidae. // Entomologica Americana (New Series), 26. P. 1–141.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Konstantin Grebennikov, PhD in Biology, Leading Researcher, Insects and Mites Ecology and Genetics Laboratory, FGBU “VNIKР”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; e-mail: kgrebennikov@gmail.com.

Yuliana Kulakova, PhD in Biology, Leading Researcher, Head of Research and Methodology Department of Invasive Plant Species, FGBU “VNIKР”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; e-mail: kulakova_juliana@vniikr.ru.

Феромонные ловушки позволяют в короткие сроки и на больших территориях эффективно и оперативно выявлять очаги заражения насекомыми-вредителями, предотвращать их распространение и успешно бороться с ними.



АССОРТИМЕНТ ФЕРОМОННЫХ ЛОВУШЕК

ВРЕДИТЕЛИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Азиатская хлопковая совка
Восклицательная совка
Дынная муха
Западный кукурузный жук
Западный цветочный (калифорнийский) трипс
Зеленая садовая совка
Капустная совка
Картофельная моль
Малая наземная совка
Озимая совка
Совка-ипсилон
Хлопковая совка
Червец Комстока
Щелкун полосатый посевной
Южноамериканская томатная моль

ВРЕДИТЕЛИ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

Азиатская ягодная дрозofiла
Восточная плодожорка
Гроздевая листовертка
Древесница вьедливая
Калифорнийская щитовка
Коричнево-мраморный клоп
Новозеландская листовертка
Персиковая плодожорка
Померанцевая щитовка
Сливовая плодожорка
Смородиновая стеклянница
Средиземноморская плодовая муха
Тутовая щитовка
Фруктовая полосатая моль
Яблонная плодожорка
Яблонная муха

ВРЕДИТЕЛИ ЗАПАСОВ

Амбарный долгоносик
Большой мучной хрущак
Зерновая огневка
Зерновая моль
Капrowый жук
Кукурузный долгоносик
Мельничная огневка
Платяная моль
Рисовый долгоносик
Трогодерма изменчивая
Трогодерма черная
Хлебный точильщик
Хлопковая моль
Хрущаки рода *Tribolium*
Четырехпятнистая зерновка
Южная амбарная огневка

ВРЕДИТЕЛИ ЛЕСА

Азиатский усач
Американская белая бабочка
Американский коконопряд
Гравер обыкновенный
Золотистая двухпятнистая совка
Каштановая минирующая моль
Короед-типограф
Лесной кольчатый шелкопряд
Непарный шелкопряд
Самшитовая огневка
Сибирский шелкопряд
Сосновая совка
Сосновый шелкопряд
Усачи рода *Monochamus*
Шелкопряд-монашенка
Шестизубый короед

ЭКОЛОГИЯ И ЗАЩИТА



ФЕРОМОНЫ СОВЕРШЕННО БЕЗОПАСНЫ ДЛЯ МЛЕКОПИТАЮЩИХ И ПЧЕЛ

ФГБУ «ВНИИКР» является крупнейшим производителем феромонной продукции на территории Российской Федерации. На сегодняшний день специалисты учреждения синтезируют феромоны более 70 видов насекомых-вредителей, имеющих важное экономическое значение для РФ и государств СНГ.



АССОРТИМЕНТ КЛЕЕВЫХ ЛОВУШЕК

НАИМЕНОВАНИЕ	ЦВЕТ	РАЗМЕР, м
Ловушка клеевая пластина	желтый, синий	0,05×0,12
Ловушка клеевая пластина	желтый, синий	0,25×0,10
Ловушка клеевая пластина	желтый, синий	0,25×0,30
Ловушка клеевая пластина	желтый	0,25×0,40
Ловушка клеевая рулон	желтый, синий	0,15×100
Ловушка клеевая рулон	желтый, синий	0,30×100



В ФГБУ «ВНИИКР» организована биолaborатория по производству шмелей вида *Bombus terrestris*.



**Использование шмелиных
семей позволяет
значительно увеличить
рентабельность
садоводческих
и тепличных хозяйств**

**ПРИНИМАЕМ ЗАЯВКИ НА
ПОСТАВКУ ШМЕЛИНЫХ СЕМЕЙ**



ПОЗАБОТЬТЕСЬ О БЕЗОПАСНОСТИ УРОЖАЯ СЕГОДНЯ!

По вопросам сотрудничества:
ФГБУ «ВНИИКР»

140150, Московская обл., г. о. Раменский,
р. п. Быково, ул. Пограничная, д. 32

Тел.: +7 (499) 707-22-27 (доб. 1468; 1469; 2601)

e-mail: sales@vniikr.ru



www.shop.vniikr.ru



Вопросы оценки возможного негативного воздействия вредных организмов (сорных растений) при осуществлении анализа фитосанитарного риска

*КУЛАКОВА Ю.Ю.¹, КУЛАКОВ В.Г.²,
ГРЕБЕННИКОВ К.А.³

ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений»
(ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. о. Раменский,
Московская обл., Россия, 140150

¹ e-mail: thymus73@mail.ru

² e-mail: kulakov_vitalij@vniikr.ru

³ e-mail: kgrebennikov@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В статье приведен анализ существующих подходов к оценке потенциального экономического значения вредных организмов (сорных растений) при проведении анализа фитосанитарного риска. Показана недостаточность существующей международной и отечественной методической основы для проведения такой оценки. Проанализированы применимость и точность имеющихся методов оценки. Показана наибольшая практическая применимость метода составления частичной финансовой сметы (partial budgeting) с использованием линейной регрессионной модели. На основе существующих методов и практик предложена усовершенствованная методика, учитывающая эмпирические данные о вредоносности сорных растений для сельскохозяйственных культур, и вероятность акклиматизации (принимаемую как пригодность условий) в соответствии с математической моделью потенциального ареала вида. Данный подход обоснован объективной корреляцией между вредоносностью и обилием сорных растений в агроценозе, в свою очередь, обусловленной пригодностью условий среды. Предложен подход к качественной оценке потенциальных экономических потерь на основе соотношения расчетных показателей потенциального ущерба и валового внутреннего продукта в зоне анализа фитосанитарного риска. Изложенная методика позволяет значительно повысить достоверность и точность оценки потенциального экономического значения опасных видов сорных растений при проведении анализа фитосанитарного риска, соответствует требованиям законодательства и методических документов в сфере карантина растений и математически эквивалентна методам оценки, применявшимся ранее в практике анализа фитосанитарного риска в Российской Федерации. Отмечены перспективы дальнейшего усовершенствования методов оценки негативного воздействия вредных организмов при проведении

Issues of assessing the possible negative impact of pests (weeds) when carrying out pest risk analysis

* YULIANA YU. KULAKOVA¹, VITALY G. KULAKOV²,
KONSTANTIN A. GREBENNIKOV³

FGBU "All-Russian Plant Quarantine Center"
(FGBU "VNIICR"), Bykovo, Ramenskoye,
Moscow Oblast, Russia, 140150

¹ e-mail: thymus73@mail.ru

² e-mail: kulakov_vitalij@vniikr.ru

³ e-mail: kgrebennikov@gmail.com

ABSTRACT

The article presents an analysis of existing approaches to assessing the potential economic significance of pests (weeds) when conducting a pest risk analysis. The insufficiency of the existing international and Russian methodological basis for conducting such an assessment is shown. The applicability and accuracy of existing assessment methods are analyzed. The greatest practical applicability of the method of drawing up a partial financial estimate (partial budgeting) using a linear regression model is shown. Based on existing methods and practices, an improved methodology is proposed that takes into account empirical data on the harmfulness of weeds for agricultural crops, and the adaptation probability (accepted as the suitability of conditions) in accordance with the mathematical model of the potential species area. This approach is based on the objective correlation between the harmfulness and abundance of weeds in the agrocenosis, which in turn is determined by the suitability of environmental conditions. An approach to the qualitative assessment of potential economic losses is proposed based on the correlation of estimated indicators of potential damage and gross domestic product in the area of pest risk analysis. The described methodology allows to significantly increase the reliability and accuracy of the assessment of the potential economic significance of dangerous weed species during pest risk analysis, complies with the requirements of legislation and methodological documents in the field of plant protection and is mathematically equivalent to the assessment methods previously used in the practice of pest risk analysis in the Russian Federation. Prospects for

анализа фитосанитарного риска на основе более детализированных моделей сельскохозяйственного производства и экономических взаимосвязей.

Ключевые слова: карантин растений, риски, потенциальный ущерб, экономическое значение, прогнозирование.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Международной конвенцией по карантину и защите растений (МККЗР) ее стороны обязуются использовать лишь те фитосанитарные меры, которые имеют достаточное техническое обоснование. В свою очередь, под таким обоснованием в тексте конвенции понимается анализ фитосанитарного риска (АФР) (или «другое сравнимое изучение и оценка имеющейся научной информации»). Таким образом, в соответствии с международным законодательством, АФР является ключевым процессом анализа научных и экономических данных, необходимым для определения регулирования вредного организма и строгости фитосанитарных мер.

Структура АФР описана в Международном стандарте по фитосанитарным мерам (МСФМ № 2). Одной из двух ключевых ее частей является этап оценки рисков, на основе результатов которого принимается решение о необходимости применения фитосанитарных мер и их характере. В частности, именно на этом этапе определяется соответствие анализируемого организма основному критерию карантинного вредного организма в определении МККЗР: «карантинный вредный организм, *имеющий потенциальное экономическое значение* для зоны подверженной опасности, в которой он пока отсутствует или присутствует, но ограниченно распространен и служит объектом официальной борьбы» (МККЗР, 1997).

Вместе с тем методические основы этой части работ остаются недостаточно проработанными. Международный стандарт (МСФМ № 11) содержит лишь перечисление методов количественного анализа экономического воздействия (раздел 2.3.2.3 «Аналитические методы») с весьма кратким их описанием. Следующий раздел (2.3.2.4 «Не торговые и экологические последствия») предусматривает возможность приблизительной оценки «с помощью соответствующего нерыночного метода оценки» экосистемных и социальных последствий акклиматизации вредного организма. В заключение стандарт отмечает необходимость «по возможности» выразить экономические последствия в денежном выражении.

Существующая в Российской Федерации официальная методика осуществления анализа фитосанитарного риска (приказ Минсельхоза России № 46) не предусматривает какой-либо количественной оценки экономического значения вредного организма, ограничиваясь качественной

further improvement of methods for assessing the negative impact of pests during pest risk analysis based on more detailed models of agricultural production and economic relationships are noted.

Key words: plant quarantine, risks, potential damage, economic importance, forecasting.

INTRODUCTION

According to the International Plant Protection Convention (IPPC), its parties undertake to use only those phytosanitary measures that have sufficient technical justification. In turn, such justification in the text of the Convention is understood as pest risk analysis (PRA) (or “another comparable examination and evaluation of available scientific information”). Thus, in accordance with international law, PRA is a key process of analysis of scientific and economic data necessary for determining the pest regulation and the severity of phytosanitary measures.

The PRA structure is described in the International Standard for Phytosanitary Measures (ISPM No. 2). One of its two key parts is the risk assessment stage, based on the results of which a decision is made on the need for phytosanitary measures and their nature. In particular, it is at this stage that the conformity of the analyzed organism with the main criterion of a quarantine pest in the IPPC definition is determined: “a quarantine pest *of potential economic importance to the area endangered* thereby and not yet present there, or present but not widely distributed and being officially controlled” (IPPC, 1997).

At the same time, the methodological basis of this part of the work remains insufficiently developed. The international standard (ISPM No. 11) contains only a list of techniques for quantitative analysis of economic impact (section 2.3.2.3 Analytical techniques) with a very brief description of them. The next section (2.3.2.4 Non-commercial and environmental consequences) provides for the possibility of an approximate assessment “an appropriate non-market valuation method” of the ecosystem and social effects arising from a pest introduction. In conclusion, the standard notes the need to express economic impacts in monetary terms “if possible”.

The official methodology for carrying out PRA existing in the Russian Federation (Order of the Ministry of Agriculture of Russia No. 46) does not provide for any quantitative assessment of the economic significance of a pest, limiting itself to a qualitative assessment of the impact on some parameters on a scale of “small, medium, large”.

Thus, to date, there are no Russian or international standards or other guidance documents containing a technical description of techniques for quantitatively

оценкой воздействия по ряду параметров по шкале «небольшое, среднее, большое».

Таким образом, на сегодняшний день нет ни отечественных, ни международных стандартов или иных руководящих документов, содержащих техническое описание способов количественной оценки потенциального негативного экономического воздействия вредного организма в рамках АФР, что представляет большую сложность для подготовки АФР как необходимого технического обоснования фитосанитарных мер.

Целью работы авторов являлась разработка научно обоснованной методики оценки потенциального экономического значения вредных организмов (сорных растений) и ее апробация. Для этого были предложены научно обоснованные методы и осуществлялось построение количественных моделей возможного негативного (в том числе экономического) воздействия горца пенсильванского *Persicaria pensylvanica* (L.) M. Gómez в потенциальном ареале.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа основана на анализе имеющихся литературных источников и практики выполнения АФР во Всероссийском центре карантина растений. Апробация предложенных методов и приемов проведена в рамках продолжения начатых в 2022 г. (Гребенников и др., 2022) работ по оценке рисков для территории Российской Федерации, связанных с возможным проникновением и распространением агрессивного однолетнего сорняка – горца пенсильванского *Persicaria pensylvanica* (L.) M. Gómez (Caryophyllales: Polygonaceae), широко распространенного в Северной Америке, с использованием ранее разработанной модели потенциального ареала вида (Гребенников и др., 2022). Для проведения необходимых расчетов применялись стандартные средства программного обеспечения Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первоначально был проведен анализ наиболее современных и перспективных практик оценки потенциального экономического значения сорных растений. В статье Тарека Солимана с соавторами (Soliman et al., 2010) дан краткий обзор возможных подходов для экономической оценки при проведении АФР, перечень которых примерно соответствует аналитическим методам, перечисленным в МСФМ № 11. В работе также приведено сравнение их возможностей, а также требуемых для использования данных, методов и навыков исполнителей работ. В связи с тем, что для использования всех прочих техник необходимым условием является наличие у исполнителей экономической подготовки, минимально необходимым и основным может считаться метод составления частичной финансовой сметы (partial budgeting). Сущность метода состоит в простом подсчете разницы прибылей и затрат в текущей ситуации (до акклиматизации вредного организма) и в предполагаемой (после акклиматизации). Под прибылью в случае АФР подразумевается в первую очередь стоимость произведенной продукции повреждаемых растений, под затратами – расходы на мероприятия по защите

assessing the potential negative economic impact of a pest within the framework of PRA, which presents a great challenge for the PRA preparation as a necessary technical justification for phytosanitary measures.

The aim this work was to develop a scientifically based methodology for assessing the potential economic significance of pests (weeds) and to test it. For this purpose, scientifically based methods were proposed and quantitative models of the possible negative (including economic) effect of *Persicaria pensylvanica* (L.) M. Gómez in the potential area were developed.

MATERIALS AND METHODS

The work is based on the analysis of available literature sources and the practice of performing PRA in the All-Russian Plant Quarantine Center. The proposed methods and techniques were tested as part of the continuation of the work started in 2022 (Grebennikov et al., 2022) on assessing the risks for the territory of the Russian Federation associated with the possible introduction and spread of an aggressive annual weed – *Persicaria pensylvanica* (L.) M. Gómez (Caryophyllales: Polygonaceae), widespread in North America, using a previously developed model of the potential species range (Grebennikov et al., 2022). Standard Microsoft Excel software tools were used to carry out the necessary calculations.

RESULTS AND DISCUSSION

First, an analysis of the most modern and promising practices for assessing the potential economic importance of weeds was conducted. The article by Tarek Soliman et al. (2010) provides a brief overview of possible approaches for economic assessment in PRA, the list of which roughly corresponds to the analytical methods listed in ISPM No. 11. The paper also compares their capabilities, as well as the data, methods and skills of the performers. Due to the fact that the use of all other techniques requires economic training of the performers, the method of partial budgeting can be considered the minimum necessary and basic one. The essence of the method is a simple calculation of the difference between profits and costs in the current situation (before the pest introduction) and in the expected one (after introduction). In the case of PRA, profit primarily means the cost of the produced products of the damaged plants, and expenses are the costs of plant protection measures and phytosanitary measures. This method does not provide for the calculation of indirect economic effects (changes in economic equilibrium) under the influence of direct damage.

In the practice of plant quarantine in the Russian Federation, it is also common to use the financial estimate method as described by Vasyutin and co-authors (Vasyutin et al., 2001) and Perevertin (2006). The implementation essence of this method is the calculation of economic losses (R) based on several indicators: C (unit price of production), V (gross yield of production), K (crop loss coefficient), S1 (infestation area), S (sown area), while R corresponds to the cost of the crop lost as a result of exposure to a harmful organism.

растений и обеспечению фитосанитарных мер. Данный метод не предусматривает подсчета косвенных экономических эффектов (изменений экономического равновесия) под влиянием прямого ущерба.

В практике карантина растений в Российской Федерации также принято использование метода финансовой сметы в описании Васютина и соавторов (Васютин и др., 2001) и Перевертина (2006). Сущность реализации данного метода состоит в расчете экономических потерь (R) на основе нескольких показателей: C (цена единицы продукции), V (валовой сбор продукции), K (коэффициент потери урожая), S_1 (площадь заражения), S (посевная площадь), при этом R соответствует стоимости урожая, потерянного в результате воздействия вредного организма.

Основным недостатком данного метода является произвольный константный характер коэффициента потери урожая (K) для всей площади заражения (S_1). Хотя численность и вредоносность вредных организмов, очевидно, являются динамическими показателями, зависящими как от способа и приемов возделывания культуры, так и абиотических и биотических параметров среды.

В 2007 г. Анатолием Ивановичем Алтуховым и соавторами была предпринята попытка модернизировать данный метод для оценки потенциального экономического значения нескольких видов сорных растений (Алтухов и др., 2007–2007в). В частности, формула была дополнена корреляционными коэффициентами, отражающими потенциальную засоренность посевов и пригодность условий в зоне АФР для вредного организма. Однако авторами был сделан вывод о фактической невозможности проведения точной количественной оценки потенциальной вредоносности сорных растений данным методом путем простой экстраполяции данных из зоны распространения анализируемого объекта. Ниже приведена дословная цитата Алтухова и соавторов:

«Однако для карантинных вредителей методика экспериментального определения коэффициента вредоносности неприменима. Поэтому для карантинных вредителей коэффициент вредоносности определялся путем экстраполяции данных, полученных на территориях государств с аналогичными агроклиматическими условиями, в которых данный вредитель не является карантинным видом. При этом необходимо учитывать, что, в силу вышеуказанных обстоятельств, коэффициент вредоносности, определенный таким образом, является оценочным. К сожалению, в рамках данной работы мы не можем определить степень точности данной оценки. Кроме этого, в работах, предоставленных ФГБУ «ВНИИКР», считается, что коэффициент вредоносности в зоне потенциального распространения биологического карантинного вредителя является величиной постоянной, что также не совсем корректно и увеличивает величину погрешности при оценке потенциального экономического ущерба от данного вида биологического вредителя» (Алтухов и др., 2007–2007а).

Таким образом, была отмечена методическая некорректность простого переноса эмпирических данных о вредоносности сорного растения в зоне

The main disadvantage of this method is the arbitrary constant nature of the yield loss coefficient (K) for the entire infestation area (S_1). Although the number and harmfulness of pests are obviously dynamic indicators that depend on both the method and techniques of crop cultivation, and the abiotic and biotic parameters of the environment.

In 2007, Anatoly Altukhov and co-authors attempted to modernize this method for assessing the potential economic value of several weed species (Altukhov et al., 2007–2007c). In particular, the formula was supplemented with correlation coefficients reflecting the potential infestation of crops and the suitability of conditions in the PRA area for the pest. However, the authors concluded that it was virtually impossible to carry out an accurate quantitative assessment of the potential harmfulness of weeds using this method by simply extrapolating data from the distribution area of the analyzed object. Below is a quote from Altukhov and co-authors:

“However, the experimental technique of determining the harm coefficient is not applicable to quarantine pests. Therefore, for quarantine pests, the harm coefficient was determined by extrapolating data obtained in the territories of states with similar agroclimatic conditions, where this pest is not a quarantine species. It should be taken into account that, due to the above circumstances, the harm coefficient determined in this way is an estimate. Unfortunately, within the framework of this work, we cannot determine the degree of accuracy of this estimate. In addition, in the works provided by FGBU “VNIICR”, it is considered that the harm coefficient in the area of potential distribution of a biological quarantine pest is a constant value, which is also not entirely correct and increases the amount of error in assessing the potential economic damage from this biological pest” (Altukhov et al., 2007–2007a).

Thus, the methodological incorrectness of simply transferring empirical data on the weed harmfulness in its distribution area to the entire area exposed to danger (within the PRA area) was noted. In later works on the weeds PRA for the territory of the Russian Federation, even such an approximate method for calculating potential damage was not used. The assessment of potential economic significance was carried out only qualitatively, at the level of “losses are large/small” (Kulakova, Belkin, 2018), or the authors concluded that it was impossible to objectively assess the direct harmfulness of the species – “it is generally not possible to assess the degree of its impact on the main crop separately from other weed vegetation” (Razumova, 2018).

At the same time, both in Russian (Shpanev, 2011) and international (Cousens, 1987; Coble, Mortensen, 1992; Swanton et al., 1999) plant protection practices, generally accepted approaches to assessing and forecasting the economic harmfulness of weeds have been developed – both for individual species and their communities. In general, they result in the construction of regression models of varying complexity, in which the yield loss of the cultivated crop is a derivative of the weed abundance (their numbers, projective cover

его распространения на всю зону, подверженную опасности (в пределах зоны АФР). В более поздних работах по анализу фитосанитарного риска сорных растений для территории Российской Федерации даже столь приближительная методика подсчета потенциального ущерба не применялась. Оценка потенциального экономического значения проводилась лишь качественно, на уровне «потери велики/малы» (Кулакова, Белкин, 2018), либо авторами делался вывод о невозможности объективной оценки прямой вредоносности вида – «оценить степень его влияния на основную культуру отдельно от другой сорной растительности в целом не представляется возможным» (Разумова, 2018).

Вместе с тем как в отечественной (Шпанев, 2011), так и мировой (Cousens, 1987; Coble, Mortensen, 1992; Swanton et al., 1999) практике защиты растений выработаны общепринятые подходы к оценке и прогнозированию экономического значения вредоносности сорных растений – как для отдельных видов, так и их сообществ. В обобщенном виде они сводятся к построению регрессионных моделей различной сложности, в которых потери урожая возделываемой культуры являются производной от обилия сорных растений (их численности, проективного покрытия или вегетативной массы). Это вполне соответствует модели конкурентных взаимоотношений растений в агроценозе (Watt et al., 2010).

Выбор оптимального варианта регрессионной модели в зависимости от целей и условий оценки остается предметом научной дискуссии (Шпанев, 2011; Das et al., 2021). Признавая нелинейный характер объективных зависимостей в агроценозе, большинство авторов (Ванин, Зуза, 1981; Злобин, 1987; Cousens, 1987) тем не менее признают возможность использования наиболее простого линейного уравнения общего вида, содержащего лишь урожайность культуры, обилие сорного растения и коэффициент регрессии (вредоносности) для приближительного расчета при ограниченности данных. Поскольку в ходе осуществления анализа фитосанитарного риска некоторая аппроксимация оценок вероятности акклиматизации и потенциального экономического значения вредного организма неизбежна, мы считаем возможным выбрать для целей АФР именно этот вариант регрессионного анализа.

Наибольшую сложность при оценке потенциальной вредоносности отсутствующих в зоне АФР сорных растений, как было отмечено еще А. И. Алтуховым и соавторами (Алтухов и др., 2007–2007в), представляет невозможность получения экспериментальных данных о влиянии на урожайность в зоне, подверженной опасности. Однако точка зрения на вредоносность растения как производную от его конкурентоспособности может считаться общепринятой (Шпанев, 2011; Das et al., 2021). В равной степени общепринята точка зрения о зависимости численности вида от пригодности условий его обитания (соответствия условий экологической нише вида) (Oerke, 2006; Watt et al., 2010). Исходя из этого, представляется обоснованным использовать для построения регрессионной модели потенциальной

or vegetative mass). This is quite consistent with the model of competitive relationships between plants in an agroecosystem (Watt et al., 2010).

The choice of the optimal regression model version depending on the objectives and conditions of the assessment remains a subject of scientific discussion (Shpanev, 2011; Das et al., 2021). While recognizing the nonlinear nature of objective dependencies in the agroecosystem, most authors (Vanin, Zuz, 1981; Zlobin, 1987; Cousens, 1987), nevertheless, recognize the possibility of using the simplest linear equation of a general form, containing only the crop yield, the abundance of the weed and the regression coefficient (harmfulness) for an approximate calculation with limited data. Since some approximation of the estimates of the introduction probability and the potential economic significance of the pest is inevitable during the PRA, we believe it is possible to choose this regression analysis version for the PRA purposes.

The greatest difficulty in assessing the potential weed harmfulness absent in the PRA area, as noted by A.I. Altukhov and co-authors (Altukhov et al., 2007–2007c), is the impossibility of obtaining experimental data on the impact on crop yields in the endangered zone. However, the point of view on the plant harmfulness as deriving from its competitiveness can be considered generally accepted (Shpanev, 2011; Das et al., 2021). Equally generally accepted is the point of view on the dependence of the species number on the suitability of its habitat conditions (correspondence of conditions to the ecological niche of the species) (Oerke, 2006; Watt et al., 2010). Based on this, it seems justified to use the adaptation probability, calculated on the basis of a mathematical model of the ecological niche, to construct a regression model of the potential harmfulness of a weed absent in the PRA area. Based on these facts, considering the most common linear regression equations in practice for assessing the weed harmfulness, the formula can be obtained:

$$PH = (Y \times ((1 - (P_{max} / (1 + P_{min}))) \times CC)) \times Cost, \text{ where:}$$

PH – potential harm, Y – actual yield (units), P_{max} – maximum possible population density of a weed plant, P_{min} – minimum predicted population density of a weed plant (in accordance with the value of the adaptation probability from 1 to 0), CC – competitiveness coefficient of the species in the weed community (in accordance with data on the plant abundance in an agroecosystem in the distribution area – under conditions close to optimum) (from 1 to 0), Cost – monetary value of a yield unit (rubles). The calculation is carried out separately for each administrative territorial unit (for example, a subject of the Russian Federation, or a municipal district – depending on the detail of the potential area model and the availability of agricultural crop production data) within the endangered area, with subsequent summation of the values.

This approach complements the method proposed by Altukhov and co-authors (Altukhov et al., 2007–2007c) with an objective biological parameter that determines the potential species harmfulness in

вредоносности отсутствующего в зоне АФР сорного растения вероятность его акклиматизации, рассчитанную на основе математической модели экологической ниши. Исходя из этих фактов, на основе наиболее распространенных в практике линейных регрессионных уравнений для оценки вредоносности сорных растений, может быть получена формула:

$$ПУ = (У \times ((1 - (П_{\text{макс}} / (1 + П_{\text{мин}}))) \times КК)) \times Ст, \text{ где:}$$

ПУ – потенциальный ущерб, У – фактический урожай (ед.), П_{макс} – максимально возможная плотность популяции сорного растения, П_{мин} – минимальная прогнозируемая плотность популяции сорного растения (в соответствии со значением вероятности акклиматизации от 1 до 0), КК – коэффициент конкурентоспособности вида в сообществе сорных растений (в соответствии с данными об обилии растения в агроценозе в зоне распространения – в условиях, близким к оптимальному) (от 1 до 0), Ст – денежная стоимость единицы урожая (рубли). Расчет проводится отдельно для каждой административно-территориальной единицы (например, субъекта Российской Федерации или муниципального района – в зависимости от детализации модели потенциального ареала и доступности данных о производстве сельскохозяйственных культур) внутри зоны, подверженной опасности, с последующим суммированием значений.

Данный подход дополняет метод, предложенный Алтуховым и соавторами (Алтухов и др., 2007–2007в), объективным биологическим параметром, определяющим потенциальную вредоносность вида на различных участках зоны, подверженной опасности. Кроме того, данный способ оценки многократно апробирован и является общепринятым в практике защиты растений. Метод также соответствует рекомендациям Международного стандарта по фитосанитарным мерам № 11. В то же время позволяя значительно повысить точность и статистическую достоверность оценки потенциального экономического значения вредного организма для зоны АФР.

Для качественной (балльной) оценки экономической значимости полученного потенциального ущерба для анализируемой зоны АФР может быть предложен универсальный метод, основанный на градации доли стоимости потенциально потерянной продукции от валового внутреннего продукта в зоне АФР. В этом случае шкала от 1 до 9 для ответа на вопрос в п. 38 приложения 3 к Методике осуществления анализа фитосанитарного риска (Приказ ..., 2018) («Насколько велики могут быть потери от прямого воздействия анализируемого вредного организма на урожай и/или его качество в зоне АФР?») может соответствовать градации (таблица 1).

various parts of the endangered area. In addition, this assessment method has been repeatedly tested and is generally accepted in plant protection practice. The method also complies with the recommendations of the International Standard for Phytosanitary Measures No. 11. At the same time, it allows for a significant increase in the accuracy and statistical reliability of the assessment of the potential economic significance of a pest for the PRA area.

For a qualitative (point) assessment of the economic significance of the resulting potential damage for the analyzed PRA area, a universal technique based on the value share gradation of the potentially lost production from the gross domestic product in the PRA area can be proposed. In this case, the scale from 1 to 9 for answering the question in paragraph 38 of Appendix 3 to the Methodology for implementing pest risk analysis (Order ..., 2018) ("How great can be the losses from the direct impact of the analyzed pest on the crop and / or its quality in the PRA area?") can correspond to the gradation (Table 1).

This scale can be modified with appropriate justification if economic damage in the species potential harmfulness zone can cause additional negative effects (cultivation of damaged plants is one of the main sectors of the regional economy, etc.).

An objective quantitative assessment of other economic consequences of the pest adaptation (changes in producer profits, consumer demand, export markets) is possible only through methods of modeling partial or general economic equilibrium. At present, we are not aware of any relevant mathematical methods for the PRA in Russian and world practice. Due to this, in practice it seems possible to recommend conducting such an assessment only by a qualitative method based on expert opinion, with a comparison with the above scale. The use of more accurate methods is possible only after their development and testing with the participation of economist researchers.

The potential environmental and social damage that the pest adaptation may cause cannot be objectively measured quantitatively at present using any generally accepted methodology, and can only be assessed qualitatively based on expert opinion. In both

Таблица 1 – Градации ответа на вопрос п. 38 приложения 3 Методики осуществления анализа фитосанитарного риска

Баллы	Возможные градации от ВВП	Денежный эквивалент, руб.
1	не менее 10^{-10} ВВП	< 10 тыс.
2	не менее 10^{-10} , но менее 10^{-9} ВВП	от 10 тыс. (включительно) до 100 тыс.
3	не менее 10^{-9} , но менее 10^{-8} ВВП	от 100 тыс. (включительно) до 1 млн
4	не менее 10^{-8} , но менее 10^{-7} ВВП	от 1 млн (включительно) до 10 млн
5	не менее 10^{-7} , но менее 10^{-6} ВВП	от 10 млн (включительно) до 100 млн
6	не менее 10^{-6} , но менее 10^{-5} ВВП	от 100 млн (включительно) до 1 млрд
7	не менее 10^{-5} , но менее 10^{-4} ВВП	от 1 млрд (включительно) до 10 млрд
8	не менее 10^{-4} , но менее 10^{-3} ВВП	от 10 млрд (включительно) до 100 млрд
9	более 10^{-3} ВВП	более 100 млрд

Данная шкала может быть модифицирована с соответствующим обоснованием, если экономический ущерб в зоне потенциальной вредоносности вида может вызвать дополнительные негативные эффекты (культивирование повреждаемых растений является одной из основных отраслей региональной экономики и т. п.).

Объективная количественная оценка иных экономических последствий акклиматизации вредного организма (изменения прибыли производителей, потребительского спроса, рынков экспорта) представляется только методами моделирования частичного или общего экономического равновесия. В настоящее время соответствующие математические методы в анализе фитосанитарного риска в отечественной и мировой практике нам не известны. В силу этого на практике представляется возможным рекомендовать проведение такой оценки лишь качественным методом на основе экспертного мнения, с сопоставлением с приведенной выше шкалой. Применение более точных методов возможно лишь после их разработки и апробации с участием исследователей-экономистов.

Потенциальный ущерб для окружающей среды и социальный ущерб, который может вызвать акклиматизация вредного организма, в настоящий момент также не могут быть объективно количественно измерены с помощью какой-либо общепринятой методики и могут быть оценены лишь качественно на основе экспертного мнения. В обоих случаях степень неопределенности такой оценки остается весьма высокой.

Негативное экономическое значение вида, вызванное необходимостью применения дополнительных мер защиты растений в случае акклиматизации, может быть примерно установлено путем сопоставления комплексов вредных организмов в зоне распространения вида и в зоне АФР и применяемых в них методах защиты растений. В случае, если в зоне АФР производителями уже применяются методы, способные снизить численность анализируемого организма до экономически значимого порога, такую оценку следует считать нецелесообразной.

Если же при акклиматизации вида для эффективного снижения его численности потребуются дополнительные меры защиты растений, оценка необходимых затрат может быть проведена исходя из перечня методов и приемов, которые применяются для снижения численности в зоне распространения анализируемого организма, но отсутствуют при производстве тех же культур в зоне АФР. В этом случае сумма дополнительных затрат может быть рассчитана как произведение площади, на которой будет необходимо провести дополнительные мероприятия по защите растений, и денежной стоимости этих мероприятий на единицу площади.

Table 1. Gradations of the answer to the question in paragraph 38 of Appendix 3 of the Methodology for implementing PRA

Points	Possible gradations from GDP	Monetary equivalent, RUB.
1	no less than 10^{-10} GDP	< 10 thousand
2	no less than 10^{-10} , but less than 10^{-9} GDP	from 10 thousand (inclusive) to 100 thousand.
3	no less than 10^{-9} , but less than 10^{-8} GDP	from 100 thousand (inclusive) to 1 million
4	no less than 10^{-8} , but less than 10^{-7} GDP	from 1 million (inclusive) to 10 million
5	no less than 10^{-7} , but less than 10^{-6} GDP	from 10 million (inclusive) to 100 million
6	no less than 10^{-6} , but less than 10^{-5} GDP	from 100 million (inclusive) to 1 billion
7	no less than 10^{-5} , but less than 10^{-4} GDP	from 1 billion (inclusive) to 10 billion
8	no less than 10^{-4} , but less than 10^{-3} GDP	from 10 billion (inclusive) to 100 billion
9	more than 10^{-3} GDP	more than 100 billion

cases, the degree of uncertainty in such an assessment remains very high.

The negative economic significance of the species caused by the need to apply additional plant protection measures in case of adaptation can be roughly determined by comparing the pest complexes in the species distribution zone and the PRA area, and the plant protection methods applied in them. If producers in the PRA area are already applying methods capable of reducing the number of the analyzed organism to an economically significant threshold, such an assessment should be considered inappropriate.

If, however, during the species adaptation, additional plant protection measures are required to effectively reduce its population, the necessary costs can be assessed based on the list of methods and techniques that are used to reduce the population in the distribution zone of the analyzed pest, but absent in the production of the same crops in the PRA area. In this case, the amount of additional costs can be calculated as the multiplication of the area on which additional plant protection measures will need to be taken and the monetary value of these measures per unit area.

The area can be assessed based on the model of the potential species range. The high and medium harmfulness zone (in which the threshold of economic harmfulness is most likely to be reached) can be defined as part of the potential range with the corresponding indicator of the adaptation probability – 0.2 (20%) and more. The area occupied by the damaged crop in this area (selected by the zoning or regionalization method, as shown above) will make up the area of necessary treatments.

Estimating the cost of work per unit area seems to be a more difficult task. Obviously, it depends on a large number of factors (preparation cost, treatment method, etc.) and can only be accurately determined empirically for the conditions of similar farms. If such information is available, it is preferable to proceed from it. However, the work cost can be estimated very roughly based on the average total costs of plant

Оценка площади возможна на основе модели потенциального ареала вида. Зону высокой и средней вредоносности (в которых наиболее вероятно достижение порога экономической вредоносности) можно определить как часть потенциального ареала с соответствующим показателем вероятности акклиматизации – 0,2 (20%) и более. Площадь, занятая повреждаемой культурой в этой области (выделенные методом зонирования или регионализации, как было показано выше), составит площадь необходимых обработок.

Оценка стоимости работ на единицу площади представляется более сложной задачей. Очевидно, что она зависит от большого числа факторов (стоимость препаратов, способ обработки и т. д.) и в точности может быть определена лишь эмпирически для условий однотипных хозяйств. При наличии таких сведений предпочтительно исходить из них. Однако весьма примерно стоимость работ можно оценить, исходя из средних общих затрат на защиту растений. Данные В. А. Захаренко (2021) показывают, что эти затраты для основных сельхозкультур в Российской Федерации в 2016–2018 гг. составили сопоставимые значения в диапазоне ориентировочно от 2 до 3 тысяч рублей на гектар. Основываясь на этом, минимальная стоимость единичной дополнительной обработки может консервативно оценена как 1/10 от этой суммы, с учетом инфляции на момент оценки. Показатели, публикуемые Росстатом, к 2024 г. позволяют оценить эту сумму как приблизительно 300–400 рублей на гектар (<https://rosstat.gov.ru>). Умножение этой суммы, количества предполагаемых дополнительных обработок и площади потенциальной вредоносности вида позволяет прийти к грубой оценке негативного экономического значения вида, вызванного необходимостью применения дополнительных мер защиты растений в случае акклиматизации вредного организма. Полученное число может быть использовано для оценки величины потенциального увеличения издержек производства (включая расходы на борьбу), связанных с анализируемым вредным организмом в зоне АФР по шкале от 1 до 9, аналогичной приведенной выше.

Суммарно потенциальный экономический риск вредного организма для зоны АФР может быть качественно оценен по шкале, аналогичной риску акклиматизации:

Потенциальные экономические потери в количественном выражении составляют суммарно менее 10^{-7} ВВП (10 млн рублей для Российской Федерации в показателях 2023 г.), вероятность существенных качественных изменений экономического равновесия, экосистемных или социальных последствий акклиматизации (по экспертной оценке) низкая – низкий экономический риск.

Потенциальные экономические потери в количественном выражении составляют суммарно не менее 10^{-7} ВВП (10 млн рублей для Российской Федерации в показателях 2023 г.), но менее 10^{-5} (1 млрд рублей для Российской Федерации в показателях 2023 г.), или (при более низких количественных показателях) вероятность существенных качественных изменений экономического

protection. The data provided by V.A. Zakharchenko (2021) show that these costs for the main agricultural crops in the Russian Federation in 2016–2018 amounted to comparable values in the range of approximately 2 to 3 thousand rubles per hectare. Based on this, the minimum cost of a single additional treatment can be conservatively estimated as 1/10 of this amount, taking into account inflation at the time of the assessment. The indicators published by Rosstat by 2024 make it possible to estimate this amount as approximately 300–400 rubles per hectare (<https://rosstat.gov.ru>). Multiplying this sum, the number of additional treatments proposed and the area of potential species harmfulness allows to come to a rough assessment of the negative economic significance of the species caused by the need to apply additional plant protection measures in case of the pest adaptation. The resulting figure can be used to assess the magnitude of the potential increase in production costs (including control costs) associated with the pest in question in the PRA area on a scale from 1 to 9 similar to that given above.

In total, the potential economic risk of the pest to the PRA area can be qualitatively assessed on a scale similar to the adaptation risk:

Potential economic losses in quantitative terms amount to less than 10^{-7} GDP (10 million rubles for the Russian Federation in 2023 terms), the probability of significant qualitative changes in economic equilibrium, ecosystem or social effects of adaptation (according to expert assessment) is low – low economic risk;

Potential economic losses in quantitative terms amount to at least 10^{-7} GDP (10 million rubles for the Russian Federation in 2023 indicators), but less than 10^{-5} (1 billion rubles for the Russian Federation in 2023 indicators), or (with lower quantitative indicators) the probability of significant qualitative changes in economic equilibrium, ecosystem or social effects of adaptation (according to expert assessment) is high – medium economic risk;

Potential economic losses in quantitative terms amount to more than 10^{-5} GDP (1 billion rubles for the Russian Federation in 2023 terms), or (with lower quantitative indicators) the probability of significant qualitative changes in the economic balance, ecosystem or social effects of adaptation (according to expert assessment) is high – high economic risk.

CONCLUSION

The assessment methods shown above allow to significantly increase the reliability and accuracy of the assessment of the potential economic significance of quarantine weed species when implementing PRA. At the same time, they comply with the requirements of legislation and methodological documents in the field of plant protection. At the same time, they are mathematically equivalent to those previously used in the PRA practice in the Russian Federation (Altukhov et al., 2007–2007v), which ensures the continuity and comparability of the results. However, the quantitative assessment of many potential negative effects of pests, as well as its macroeconomic consequences, remains

равновесия, экосистемных или социальных последствий акклиматизации (по экспертной оценке) высокая – средний экономический риск.

Потенциальные экономические потери в количественном выражении составляют суммарно более 10^{-5} ВВП (1 млрд рублей для Российской Федерации в показателях 2023 г.), или (при более низких количественных показателях) вероятность существенных качественных изменений экономического равновесия, экосистемных или социальных последствий акклиматизации (по экспертной оценке) высокая – высокий экономический риск.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показанные выше методы оценки позволяют значительно повысить достоверность и точность оценки потенциального экономического значения карантинных видов сорных растений при осуществлении АФР. В то же время они соответствуют требованиям законодательства и методических документов в сфере карантина растений. При этом они математически эквивалентны применявшимся ранее в практике анализа фитосанитарного риска в Российской Федерации (Алтухов и др., 2007–2007в), что обеспечивает преемственность и сопоставимость результатов. Однако количественная оценка многих видов потенциального негативного воздействия вредных организмов, как и его макроэкономических последствий, остается затрудненной из-за отсутствия соответствующей научно-методической базы. Решение этих задач является перспективным направлением развития анализа фитосанитарного риска.

Благодарность

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение государственных работ (№ ЕГИСУ НИОКТР 1022060500018-7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алтухов А.И., Силаева Л.П., Меньшова А.Е., Захарова А.П., Захаренко В.А., Самохин Ю.С. 2007. Оценка экономического ущерба при заражении площадей сельскохозяйственных культур Российской Федерации бузинником пазушным (ивой многолетней) (отчет о выполнении НИР). Москва. 31 с.
2. Алтухов А.И., Силаева Л.П., Меньшова А.Е., Захарова А.П., Захаренко В.А., Самохин Ю.С. 2007а. Оценка экономического ущерба при заражении площадей сельскохозяйственных культур Российской Федерации ипомеей плющевидной (отчет о выполнении НИР). Москва. 31 с.
3. Алтухов А.И., Силаева Л.П., Меньшова А.Е., Захарова А.П., Захаренко В.А., Самохин Ю.С. 2007б. Оценка экономического ущерба при заражении площадей сельскохозяйственных культур Российской Федерации пасленом каролинским (отчет о выполнении НИР). Москва. 31 с.
4. Алтухов А.И., Силаева Л.П., Меньшова А.Е., Захарова А.П., Захаренко В.А., Самохин Ю.С. 2007в. Оценка экономического ущерба при заражении площадей сельскохозяйственных культур Российской Федерации подсолнечником реснитчатым (отчет о выполнении НИР). Москва. 31 с.

difficult due to the lack of an appropriate scientific and methodological base. The solution of these problems is a promising direction for the PRA development.

Acknowledgements

The work was carried out within the framework of the state assignment for the execution of state works (No. EGISU NIOKTR 1022060500018-7).

REFERENCES:

1. Altukhov A.I., Silaeva L.P., Menshova A.E., Zakharova A.P., Zakharenko V.A., Samokhin Yu.S. 2007. Assessment of economic damage from infestation of agricultural crop areas in the Russian Federation with *Iva axillaris* Pursh (report on the research implementation) [Otsenka ekonomicheskogo ushcherba pri zarazhenii ploshchadey sel'skokhozyaystvennykh kul'tur Rossiyskoy Federatsii buzinnikom pazushnym (ivoy mnogoletney) (otchet o vypolnenii NIR)]. Moscow. 31 p. (In Russ.)
2. Altukhov A.I., Silaeva L.P., Menshova A.E., Zakharova A.P., Zakharenko V.A., Samokhin Yu.S. 2007a. Assessment of economic damage from infestation of agricultural crop areas of the Russian Federation with *Ipomoea hederacea* Jacquin (report on the research implementation) [Otsenka ekonomicheskogo ushcherba pri zarazhenii ploshchadey sel'skokhozyaystvennykh kul'tur Rossiyskoy Federatsii ipomeyey plyushchevidnoy (otchet o vypolnenii NIR)]. Moscow. 31 p. (In Russ.)
3. Altukhov A.I., Silaeva L.P., Menshova A.E., Zakharova A.P., Zakharenko V.A., Samokhin Yu.S. 2007b. Assessment of economic damage from infestation of agricultural crop areas of the Russian Federation with *Solanum carolinense* L. (report on the research implementation) [Otsenka ekonomicheskogo ushcherba pri zarazhenii ploshchadey sel'skokhozyaystvennykh kul'tur Rossiyskoy Federatsii paslenom karolinskim (otchet o vypolnenii NIR)]. Moscow. 31 p. (In Russ.)
4. Altukhov A.I., Silaeva L.P., Menshova A.E., Zakharova A.P., Zakharenko V.A., Samokhin Yu.S. 2007c. Assessment of economic damage from infestation of agricultural crop areas of the Russian Federation with *Helianthus ciliaris* DC. (report on the research implementation) [Otsenka ekonomicheskogo ushcherba pri zarazhenii ploshchadey sel'skokhozyaystvennykh kul'tur Rossiyskoy Federatsii podsolnechnikom resnitchatym (otchet o vypolnenii NIR)]. Moscow. 31 p. (In Russ.)
5. Vanin D.E., Zuza V.S. 1981. On the assessment of weed harmfulness [Ob otsenke vredonosnosti sornyakov] // Agricultural biology, XVI, 2. P. 307-312. (In Russ.)
6. Vasyutin A.S., Smetnik A.I., et al. Plant quarantine in the Russian Federation [Karantin rasteniy v Rossiyskoy Federatsii]. Moscow: Kolos, 2001, 375 p. (In Russ.)
7. Grebennikov K.A., Kulakov V.G., Kulakova Yu.Yu. 2022. Assessment of the probability of spread and adaptation and potential economic significance of *Persicaria pensylvanica* (L.) M. Gómez (final report) [Otsenka veroyatnosti rasprostraneniya i akklimatizatsii i potentsial'nogo ekonomicheskogo znacheniya gortsia pensil'vanskogo Persicaria pensylvanica (L.)].

6. Ванин Д.Е., Зуза В.С. 1981. Об оценке вредности сорняков // С.-х. биология, XVI, 2. С. 307–312.

7. Васютин А.С., Сметник А.И., и др. Карантин растений в Российской Федерации. М.: Колос, 2001, 375 с.

8. Гребенников К.А., Кулаков В.Г., Кулакова Ю.Ю. 2022. Оценка вероятности распространения и акклиматизации и потенциального экономического значения горца пенсильванского *Persicaria pensylvanica* (L.) М. Gómez (заключительный отчет). Инв. № 35-2022 О ВНИИКР. Быково, ФГБУ «ВНИИКР». 130 с. № ЕГИСУ НИОКТР 122041300175-4.

9. Захаренко В.А. Современное состояние и перспективы экономики применения пестицидов в агроэкосистемах России. // Агрохимия. 2021. № 5. С. 68–83. DOI: 10.31857/S0002188121050148

10. Злобин Ю.А. 1987. Как определить пороги вредности сорняков // Защита растений, 9. С. 52–53.

11. Кулакова Ю.Ю., Белкин Д.Л. 2018. Анализ фитосанитарного риска сициоса угловатого *Sicyos angulatus* L. для территории Российской Федерации (заключительный отчет). Инв. № 23-2018 АФР ВНИИКР. Быково, ФГБУ «ВНИИКР». 67 с.

12. Международная конвенция по карантину и защите растений, 1997. ФАО, Рим

13. Международный стандарт по фитосанитарным мерам МСФМ № 2 «Структура анализа фитосанитарного риска», 2019, 20 с.

14. Международный стандарт по фитосанитарным мерам МСФМ № 11 «Анализ фитосанитарного риска для карантинных вредных организмов», 2019, 45 с.

15. Перевертин К.А. Прогнозирование потерь урожая от вредных организмов с помощью моделей «критической точки» // Прикладная фитонематология М.: Наука, 2006. С. 85–97.

16. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 5 февраля 2018 года № 46 «Об утверждении Методики осуществления анализа фитосанитарного риска».

17. Разумова Е.В. 2018. Анализ фитосанитарного риска ежовника колючего *Echinochloa muricata* (P. Beauv.) Fernald для территории Российской Федерации (заключительный отчет). Инв. № 92-2018 АФР ВНИИКР. Быково, ФГБУ «ВНИИКР». 48 с.

18. Шпанев А.М. 2011. Подходы к оценке вредности сорных растений в агроценозах. // Вестник защиты растений, 4. С. 57–70.

19. Росстат (Федеральная служба государственной статистики) [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения 01.11.2024).

20. Coble H.D., Mortensen D.A. 1992. The Threshold Concept and Its Application to Weed Science // Weed Technology, Vol. 6, No. 1. P. 191–195.

21. Cousens R. 1987. Theory and reality of weed control thresholds. // Plant Protection Quarterly, 2. P. 13–20.

22. Das T.K., Suman S., Rishi R., Sonaka G., Biswaranjan B., Arkaprava R. 2021. Economic threshold concept for weed management in crops: Usefulness and limitation // Indian Journal of Weed Science, 53(1). P. 1–13. DOI: <http://dx.doi.org/10.5958/0974-8164.2021.00001.0>

Inv. No. 35-2022 О ВНИИКР. Быково, ФГБУ «ВНИИКР». 130 p. No. EGISU NIOKTR 122041300175-4. (In Russ.)

9. Zakharchenko V.A. Current state and prospects for the economics of pesticide use in agroecosystems of Russia [Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy ekonomiki primeneniya pestitsidov v agroekosistemakh Rossii]. // Agrochemistry. 2021. No. 5. P. 68–83. DOI: 10.31857/S0002188121050148 (In Russ.)

10. Zlobin Yu.A. 1987. How to determine the thresholds of weed harmfulness [Kak opredelit' porogi vrednosnosti sornyakov] // Plant Protection, 9. P. 52–53. (In Russ.)

11. Kulakova Yu.Yu., Belkin D.L. 2018. Pest risk analysis of *Sicyos angulatus* L. for the territory of the Russian Federation (final report) [Analiz fitosanitar-nogo riska sitsiosa uglovatogo *Sicyos angulatus* L. dlya territorii Rossiyskoy Federatsii (zaklyuchitel'nyy otchet)]. Inv. No. 23-2018 АФР ВНИИКР. Быково, ФГБУ «ВНИИКР». 67 p. (In Russ.)

12. International Plant Protection Convention, 1997. FAO, Rome

13. International Standard for Phytosanitary Measures ISPM No. 2 Framework for Pest Risk Analysis, 2019, 20 p.

14. International Standard for Phytosanitary Measures ISPM No. 11 “Pest Risk Analysis for Quarantine Pests”, 2019, 45 p.

15. Perevertin K.A. Forecasting crop losses from pests using “critical point” models [Prognozirovaniye poter' urozhaya ot vrednykh organizmov s pomoshch'yu modeley «kriticheskoy tochki»] // Applied phytoneumatology M.: Science, 2006. P. 85–97. (In Russ.)

16. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated February 5, 2018 No. 46 “On approval of the Methodology for implementing pest risk analysis”. (In Russ.)

17. Razumova E.V. 2018. Pest risk analysis of *Echinochloa muricata* (P. Beauv.) Fernald for the territory of the Russian Federation (final report) [Analiz fitosanitar-nogo riska yezhovnika kolyuchego *Echinochloa muricata* (P. Beauv.) Fernald dlya territorii Rossiyskoy Federatsii (zaklyuchitel'nyy otchet)]. Inv. No. 92-2018 АФР ВНИИКР. Быково, ФГБУ «ВНИИКР». 48 p. (In Russ.)

18. Shpanev A.M. 2011. Approaches to assessing the harmfulness of weeds in agrocenoses [Podkhody k otsenke vrednosnosti sornykh rasteniy v agrotse-nozakh] // Bulletin of Plant Protection, 4. P. 57–70. (In Russ.)

19. Rosstat (Federal State Statistics Service) [Electronic resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (last accessed: 01.11.2024).

20. Coble H.D., Mortensen D.A. 1992. The Threshold Concept and Its Application to Weed Science // Weed Technology, Vol. 6, No. 1. P. 191–195.

21. Cousens R. 1987. Theory and reality of weed control thresholds. // Plant Protection Quarterly, 2. P. 13–20.

22. Das T.K., Suman S., Rishi R., Sonaka G., Biswaranjan B., Arkaprava R. 2021. Economic threshold concept for weed management in crops: Usefulness and limitation // Indian Journal of Weed Science, 53(1). P. 1–13. DOI: <http://dx.doi.org/10.5958/0974-8164.2021.00001.0>

23. Oerke E., 2006. Crop losses to pests. // The Journal of Agricultural Science. Volume 144, issue 1. P. 31–43. DOI:10.1017/S0021859605005708.

24. Soliman T., Mourits M.C.M., Oude Lansink A.G.J.M., van der Werf W., 2010. Economic impact assessment in pest risk analysis // Crop Protection, Volume 29, Issue 6. P. 517–524. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.12.014>.

25. Swanton C.J., Weaver S., Cowan P., Van Acker R., Deen W., Shreshta A. 1999. Weed Thresholds: Theory and Applicability // Journal of Crop Production, 2:1, 9–29. DOI: <http://dx.doi.org/10.1300/9785529>

26. Watt M.S., Kriticos D.J., Potter K.J.B., Manning L.K., Nita Tallent-Halsell N., Bourdôt G.W. 2010. Using species niche models to inform strategic management of weeds in a changing climate. // Biological Invasions 12, P. 3711–3725. <https://doi.org/10.1007/s10530-010-9764-1>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кулакова Юлиана Юрьевна, ведущий научный сотрудник-начальник научно-методического отдела инвазивных видов растений ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; *e-mail: thymus73@mail.ru*

Гребенников Константин Алексеевич, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии и генетики насекомых и клещей ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; *e-mail: kgrebennikov@gmail.com*

Кулаков Виталий Геннадьевич, старший научный сотрудник-начальник отдела межлабораторных сличительных испытаний ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; *e-mail: kulakov_vitalij@vniikr.ru*

23. Oerke E., 2006. Crop losses to pests. // The Journal of Agricultural Science. Volume 144, issue 1. P. 31–43. DOI:10.1017/S0021859605005708.

24. Soliman T., Mourits M.C.M., Oude Lansink A.G.J.M., van der Werf W., 2010. Economic impact assessment in pest risk analysis // Crop Protection, Volume 29, Issue 6. P. 517–524. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.12.014>.

25. Swanton C.J., Weaver S., Cowan P., Van Acker R., Deen W., Shreshta A. 1999. Weed Thresholds: Theory and Applicability // Journal of Crop Production, 2:1, 9–29. DOI: <http://dx.doi.org/10.1300/9785529>

26. Watt M.S., Kriticos D.J., Potter K.J.B., Manning L.K., Nita Tallent-Halsell N., Bourdôt G.W. 2010. Using species niche models to inform strategic management of weeds in a changing climate. // Biological Invasions 12, P. 3711–3725. <https://doi.org/10.1007/s10530-010-9764-1>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yuliana Kulakova, PhD in Biology, Leading Researcher, Head of Research and Methodology Department of Invasive Plant Species, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: thymus73@mail.ru*

Vitaly Kulakov, Senior Researcher – Head of Interlaboratory Comparisons Department, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: kulakov_vitalij@vniikr.ru*

Konstantin Grebennikov, PhD in Biology, Leading Researcher, Insects and Mites Ecology and Genetics Laboratory, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: kgrebennikov@gmail.com*

Использование синтетического феромона томатной моли *Tuta absoluta* для интегрированной защиты томатов в закрытом грунте

*РАСТЕГАЕВА В.М.¹, АБАСОВ М.М.², КУЗИНА Н.П.³, СЕНИЦЫНА Е.В.⁴, ШИРОКОВА О.А.⁵

^{1,2,3,5} ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150

⁴ Федеральный центр оценки безопасности и качества продукции агропромышленного комплекса (ФГБУ «ЦОК АПК»), г. Москва, Россия
¹ ORCID 0009-0000-7695-5450, e-mail: vrast@mail.ru

² e-mail: abasovmm@vniikr.ru

³ e-mail: pheromones@vniikr.ru

⁴ ORCID 0000-0002-6314-3151, e-mail: katesinitsyna@gmail.com

⁵ ORCID 0009-0006-5705-2129, e-mail: oksanash84@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Южноамериканская томатная моль *Tuta absoluta* является опасным вредителем пасленовых культур, отличающимся высокой скоростью размножения, быстрой адаптацией к меняющимся условиям окружающей среды и резистентностью к химическим инсектицидам. Основным растением-хозяином вредителя является томат. Вид характеризуется высокой вредоносностью как в регионе происхождения (Южная Америка), так и на обширной территории своего вторичного ареала, который в последние годы формируется благодаря интенсивному развитию международных торговых отношений. На территории Российской Федерации томатная моль была впервые выявлена в Краснодарском крае в 2011 г., позже ее вредоносность отмечена и в Крыму.

Основной метод борьбы с томатной молью – применение химических инсектицидов, однако их использование негативно воздействует на окружающую среду. Альтернативным методом снижения численности вредителя в тепличных хозяйствах, позволяющим ограничить или полностью исключить применение инсектицидов, является использование синтетических феромонов для массового отлова или для дезориентации вредителя.

В статье представлены результаты полевых испытаний, проведенных на культуре томата в условиях закрытого грунта. Показана эффективность борьбы с томатной молью *T. absoluta* методом дезориентации и массового отлова с применением синтетического полового феромона, ацетата ЕЗ, Z8, Z11-тетрадекатриен-1-ола, синтезированного

Use of synthetic pheromone of *Tuta absoluta* for integrated protection of tomatoes in protected ground

* VALENTINA M. RASTEGAEVA¹, MUZAFAR M. ABASOV², NINA P. KUZINA³, EKATERINA V. SINITSYNA⁴, OKSANA A. SHIROKOVA⁵

^{1,2,3,5} FGBU "All-Russian Plant Quarantine Center" (FGBU "VNIICR"), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150

⁴ Federal Center for Assessment of Safety and Quality of Agricultural Products, Moscow, Russia
¹ ORCID 0009-0000-7695-5450, e-mail: vrast@mail.ru

² e-mail: abasovmm@vniikr.ru

³ e-mail: pheromones@vniikr.ru

⁴ ORCID 0000-0002-6314-3151, e-mail: katesinitsyna@gmail.com

⁵ ORCID 0009-0006-5705-2129, e-mail: oksanash84@mail.ru

ABSTRACT

Tomato leaf miner *Tuta absoluta* is a pest Solanaceae crops, characterized by a high reproduction rate, rapid adaptation to changing environmental conditions and resistance to chemical insecticides. Its main host plant is tomato. The species is characterized by high harmfulness both in the region of origin (South America) and in the vast territory of its secondary range, which in recent years has been formed due to the intensive development of international trade relations. In the Russian Federation, *Tuta absoluta* was first detected in Krasnodar Krai in 2011, and later its harmfulness was reported from Crimea.

The main control method for the tomato leaf miner is the use of chemical insecticides, which, though, have a negative impact on the environment. An alternative method of reducing the number of pests in greenhouses, which allows limiting or completely eliminating the use of insecticides, is the use of synthetic pheromones for mass capture or disorientation of the pest.

The article provides the results of field trials conducted on tomato crops in protected ground conditions.

в ФБГУ «ВНИИКР». Эффективность использования методов дезориентации и массового отлова составила соответственно 92 и 61%, а их биологическая эффективность – соответственно 80 и 45%. Приведены результаты исследований по увеличению урожайности и качества томатов при применении полового феромона томатной моли. Качество плодов томата в варианте дезориентации достигало 97%, а в методе массового отлова – 81%, в то время как в контроле этот показатель был равен 66%. Применение метода дезориентации и массового отлова привело соответственно к 18%-й и 12%-й прибавкам урожая томатов по сравнению с контрольным вариантом.

Метод дезориентации и метод массового отлова могут быть рекомендованы к применению при выращивании томатов в условиях закрытого грунта с целью снижения численности вредителя томатной моли в насаждениях. Как элемент системы интегрированной защиты растений использование феромонных ловушек можно сочетать либо с химическими, либо с биологическими средствами, которые разрешены к применению в условиях закрытого грунта.

Ключевые слова: карантинный вредитель, феромонные ловушки, диспенсер, эффективность борьбы, дезориентация, массовый отлов.

ВВЕДЕНИЕ



Южноамериканская томатная минирующая моль *Tuta absoluta* Povolny (1994) (рис.1) – опасный вредитель пасленовых культур, таких как баклажан, овощной перец, табак и другие культуры, но основным растением-

хозяйном вредителя является томат. Данный вид родом из Южной Америки, вредит как в открытом, так и в закрытом грунте, характеризуется высокой вредоносностью и устойчивостью к химическим средствам защиты растений (Жимерикин и др., 2009; Клечковский и др., 2014). Вредитель может быть легко занесен в новые регионы с подкарантинной растительной продукцией в процессе международной торговли. *T. absoluta* включена в список карантинных вредителей ЕОКЗР и в перечень карантинных вредных организмов Евразийского экономического союза ЕАЭС (EPPO, 2024; ЕРКО EAES, 2024; АФР, 2010). Томатную моль выявляют на территории РФ начиная с 2011 г.: в Краснодарском и Ставропольском краях, южной части Ростовской области и Калмыкии, Республике Дагестан и Республике Крым (Абасов и др., 2020, 2022; Ижевский и др., 2011).

Гусеницы томатной моли способны повреждать почки, цветы, стебли, листья и плоды кормовых растений на протяжении всего периода вегетации, от всходов до уборки урожая, как при выращивании в открытом грунте, так и в условиях теплиц. В основном питаются листьями и плодами,

The effectiveness of the control of *T. absoluta* by the disorientation and mass trapping method using a synthetic sex pheromone, acetate E3, Z8, Z11-tetradecatrien-1-ol synthesized in FGBU “VNIICR” is shown. The effectiveness of using the disorientation and mass trapping methods was 92 and 61%, respectively, and their biological effectiveness was 80 and 45%, respectively. The results of the studies on increasing the tomato yield and quality using the *T. absoluta* sex pheromone are presented. The quality of tomato fruits in the disorientation variant reached 97%, and in the mass trapping method – 81%, while in the control this indicator was equal to 66%. The use of the disorientation and mass trapping methods led to 18 and 12% increases in tomato yield, respectively, compared to the control variant.

The disorientation method and the mass trapping method can be recommended for use when growing tomatoes in protected ground conditions in order to reduce the number of *T. absoluta* in plantings. As an element of the integrated pest management, the use of pheromone traps can be combined with either chemical or biological agents that are approved for use in protected ground conditions.

Key words. Quarantine pest, pheromone traps, dispenser, control efficiency, disorientation, mass trapping.

INTRODUCTION

Tomato leaf miner *Tuta absoluta* Povolny (1994) (Fig.1) is a dangerous pest of Solanaceae crops such as eggplant, pepper, tobacco and other crops, but its main host plant is tomato. Originating from South America, this species is characterized by high harmfulness and resistance to chemical plant protection products, causing harm both in open and protected ground (Zhimerikin et al., 2009; Klechkovsky et al., 2014). The pest can be easily introduced into new regions with quarantine plant products in the process of international trade. *T. absoluta* is included in the EPPO Quarantine Pest List and in the Common List of Quarantine Pests of the Eurasian Economic Union (EPPO, 2024; EPKO EAES, 2024; AFR, 2010). *T. absoluta* has been detected in the territory of the Russian Federation since 2011: in Krasnodar Krai and Stavropol Krai, the southern part of Rostov Oblast and Kalmykia, the Republic of Dagestan and the Republic of Crimea (Abasov et al., 2020, 2022; Izhevskiy et al., 2011).

T. absoluta larvae can damage buds, flowers, stems, leaves and fruits of host plants throughout the entire growing season, from germination to harvesting, both when grown in open ground and in greenhouses. They mainly feed on leaves and fruits, making galleries under the plant skin (Zhimerikin et al., 2012; Rawashdeh et al., 2011; EPPO, 2024). As a result of larvae feeding,



Рис. 1. Имаго томатной моли Fig. 1. *T. absoluta* imago
(EPPO Global Database, 2024) (EPPO Global Database, 2024)

делая проходы под кожей растения (Жимерикин и др., 2012; Равашдех и др., 2011; EPPO, 2024). В результате питания гусениц на листьях появляются множественные некрозы, поврежденные части растений засыхают и опадают, плоды могут полностью утратить свой товарный вид и ценность (рис. 2, 3). При благоприятных климатических условиях для развития вредителя поврежденность растений и плодов может достигать 100% (рис. 4), поэтому борьба с томатной молью является крайне актуальной.

Основным способом защиты урожая в закрытом грунте остается многократное применение химических инсектицидов в период вегетации, что позволяет сократить потери урожая до уровня 1–5% (Миронова и др., 2012). Однако использование химических препаратов с высоким классом опасности нежелательно в условиях защищенного грунта как по соображениям экологической

multiple necroses appear on the leaves, damaged parts of the plants dry up and fall off, and the fruits can completely lose their marketable appearance and value (Fig. 2, 3). Under favorable climatic conditions for the pest development, damage to plants and fruits can reach 100% (Fig. 4), thus it is extremely important to control the pest.

The main crop protection method in protected soil remains the repeated use of chemical insecticides during the growing season, which allows to reduce crop losses to 1–5% (Mironova et al., 2012). However, the use of chemicals with a high hazard class is undesirable in protected soil conditions, both for reasons of environmental safety and sanitary standards. One of the alternative methods of reducing the number of pests, which allows to limit or completely eliminate the use of insecticides, is the use of synthetic pheromones for mass trapping or disorientation of the pest. Mass trapping (male vacuum) is a pest control method, in which sticky traps with the pest sex pheromone are used directly for mass male trapping, which leads to a decrease in the number of fertilized females, thereby stopping the reproduction of the species. The disorientation method involves saturating the atmosphere with the pheromone smell, which disrupts biological connections: affected by the smell, insects cannot find their species for mating, so unmated females do not reproduce and the species degenerates (Pyatnova et al., 2016; Smetnik et al., 1986; Zhimerikin et al., 2019).

The aim of the study was to investigate the effectiveness of the control of *T. absoluta* by the disorientation and mass trapping method using a synthetic sex pheromone in protected ground conditions on tomato crops.



Рис. 2. Мины на листе томатов, поврежденном гусеницами томатной моли *Tuta absoluta* (фото Н. И. Кулаковой)



Рис. 3. Плоды томатов, поврежденные гусеницами томатной моли *Tuta absoluta* (фото Н. И. Кулаковой)

безопасности, так и в связи с санитарными нормами. Одним из альтернативных методов снижения численности вредителей, позволяющих ограничить или полностью исключить применение инсектицидов, является использование синтетических феромонов для массового отлова или для дезориентации вредителя. Массовый отлов (самцовый вакуум) – способ борьбы с вредными насекомыми, при котором клеевые ловушки с половым феромоном вредителя используются непосредственно для массового отлова самцов, что приводит к снижению количества оплодотворенных самок, тем самым приостанавливается размножение вида. Метод дезориентации предполагает насыщение запахом феромона атмосферы, при этом нарушаются биологические связи: в атмосфере запаха насекомые не могут отыскать свой вид для спаривания, поэтому не спарившиеся самки не дают потомства и вид вырождается (Пятнова и др., 2016; Сметник и др., 1986; Жимерикин и др., 2019).

Целью исследования являлось изучение эффективности борьбы с томатной молью *T. absoluta* методом дезориентации и массового отлова с применением синтетического полового феромона в условиях закрытого грунта на культуре томата.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения полевых испытаний использовали половой феромон томатной моли, ацетат E3, Z8, Z11-тетрадекатриен-1-ола, синтезированный в ФГБУ «ВНИИКР». В качестве диспенсеров использовали медицинские пробки синего цвета (производство Китай), состоящие из резиновой смеси на основе бромбутилкаучука, общей высотой 9 мм и диаметром крышки 12 мм, с прорезью по высоте внутренней части – 5 мм (рис. 5). Диспенсер с феромоном получали путем импрегнирования в носитель (резиновая пробка) синтетического феромона в растворителе (смесь на основе петролейного эфира).

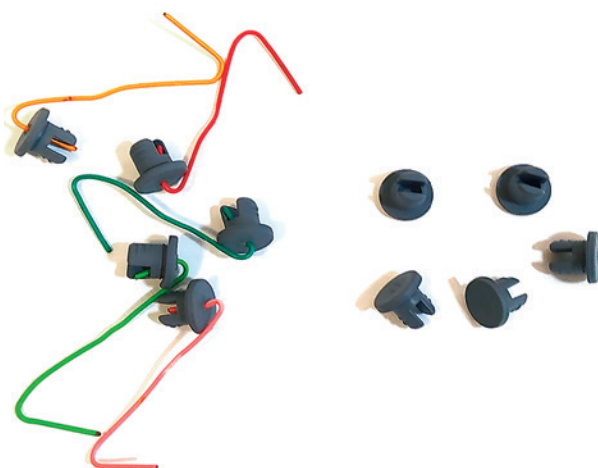


Рис. 5. Диспенсеры в виде резиновых пробок с нанесенным половым феромоном *T. absoluta* производства ФГБУ «ВНИИКР»: слева – диспенсеры для дезориентации, справа – диспенсеры для массового отлова и контроля (фото В. М. Растегаевой)

Fig. 5. Dispensers in the form of rubber stoppers with the applied *T. absoluta* sex pheromone produced by FGBU “VNIICR”: on the left – dispensers for disorientation, on the right – dispensers for mass trapping and control (photo by V. M. Rastegaeva)



Рис. 4. Повреждение растений томатов гусеницами томатной моли *Tuta absoluta* (фото Н. И. Кулаковой)

Fig. 4. Tomato plants damaged by *Tuta absoluta* larvae (photo by N. I. Kulakova)

MATERIALS AND METHODS

The field tests were carried out using the *T. absoluta* sex pheromone, E3, Z8, Z11-tetradecatrien-1-ol acetate synthesized at FGBU “VNIICR”. Blue medical stoppers (made in China) consisting of a rubber mixture based on bromobutyl rubber, with a total height of 9 mm and a cap diameter of 12 mm, with a slit along the height of the inner part – 5 mm (Fig. 5), were used as dispensers. The dispenser with the pheromone was obtained by impregnating the carrier (rubber stopper) with synthetic pheromone in a solvent (a mixture based on natural gasoline).

Delta traps produced by FGBU “VNIICR” (Fig. 6) were used. The entomological glue “Polifix” was used for the traps. It is a mixture of polymers with mineral



Рис. 6. Клеевая ловушка типа «Дельта» с диспенсером (фото В. М. Растегаевой)

Fig. 6. “Delta” sticky trap with a dispenser (photo by V. M. Rastegaeva)

В качестве ловушек использовали дельтовидную ловушку производства ФГБУ «ВНИИКР» (рис. 6). Для ловушек использовали энтомологический клей «Полификс», который представляет собой смесь полимеров с минеральным маслом, обладает низкой летучестью, для человека и животных клей мало токсичен, имеет четвертый класс опасности.

Полевые испытания проводили в трех одинаковых теплицах, площадь каждой из которых составляла 372 м². В каждой теплице выращивали по 1200 растений томата. В опытной теплице № 1 (метод дезориентации) было установлено 37 диспенсеров в виде резиновых пробок из расчета – 1 диспенсер на 10 м². Каждый диспенсер содержал 15 мг синтетического феромона (рис. 7).

В опытной теплице № 2 (метод массового отлова) было установлено 37 клеевых ловушек типа «Дельта» с диспенсерами в виде резиновых пробок из расчета – 1 ловушка на 10 м². Каждый диспенсер содержал 0,5 мг синтетического феромона (рис. 8).

Теплица № 3 – контрольная, без диспенсеров. Для учета насекомых и оценки эффекта дезориентации и массового отлова в опытных и контрольной теплицах устанавливали по три контрольные (сигнальные) клеевые ловушки типа «Дельта» с синтетическим феромоном томатной моли, нанесенным на диспенсер в виде резиновой пробки, дозировка феромона – 0,05 мг на 1 диспенсер (низкая концентрация феромона нужна для того, чтобы ловушка не стала привлекать насекомых, как в массовом отлове, а служила только для сравнения). Ловушки в теплицах вывешивали за неделю до высадки рассады, когда в теплицах нет еще лета томатной моли. Добавление диспенсеров для дезориентации и замену основных и контрольных клеевых ловушек с синтетическим феромоном проводили один раз в месяц (всего три раза). Общее количество израсходованного феромона – 1,72 г.



Рис. 7. Диспенсер, установленный в теплице на растении томата (метод дезориентации) (фото В. М. Растегаевой)

Fig. 7. Dispenser installed in a greenhouse on a tomato plant (disorientation method) (photo by V. M. Rastegaeva)



Рис. 8. Ловушка типа «Дельта» в рабочем состоянии в теплице (метод массового отлова) (фото В. М. Растегаевой)

Fig. 8. Delta trap in working condition in a greenhouse (mass trapping method) (photo by V. M. Rastegaeva)

oil, has low volatility, is low-toxic for humans and animals, and has the fourth hazard class.

Field tests were conducted in three identical greenhouses, each with an area of 372 м². Each greenhouse grew 1,200 tomato plants. In the experimental greenhouse No. 1 (disorientation method), 37 dispensers in the form of rubber stoppers were installed at a rate of 1 dispenser per 10 м². Each dispenser contained 15 mg of synthetic pheromone (Fig. 7).

In the experimental greenhouse No. 2 (mass trapping method) 37 Delta sticky traps with dispensers in the form of rubber stoppers were installed at the rate of 1 trap per 10 м². Each dispenser contained 0.5 mg of synthetic pheromone (Fig. 8).

Greenhouse No. 3 is a control greenhouse without dispensers. To count insects and evaluate the effect of disorientation and mass trapping, three control (signal) Delta sticky traps with a synthetic *T. absoluta* pheromone applied to a dispenser in the form of a rubber stopper were installed in the experimental and control greenhouses; the pheromone dosage was 0.05 mg per dispenser (a low concentration of pheromone is needed to prevent the trap from attracting insects, as in mass trapping, and served only for comparison). The traps were hung in the greenhouses a week before planting seedlings, when there was no *T. absoluta* flight in the greenhouses yet. Dispensers were added for disorientation and the main and control sticky traps with synthetic pheromone were replaced once a month

Во всех теплицах за вегетационный период были проведены пятикратные химические обработки инсектицидом «Кораген» и биологическим инсектоакарицидом «Фитоверм».

Эффективность (Э) методов дезориентации и массового отлова вредителя определяли по количеству самцов, отловленных в опытных теплицах, в сравнении с контрольной теплицей (без применения феромонов), используя следующую формулу:

$$\text{Э} = (K_1 - K_2) / K_1 \times 100\%,$$

где K_1 – среднее число отловленных самцов одной ловушкой в контрольной теплице, экз., K_2 – среднее число отловленных самцов одной ловушкой в опытной теплице, экз.

Биологическую эффективность (БЭ) определяли по общему количеству поврежденных гусеницами томатной моли плодов (один раз, в конце испытаний) в опытных теплицах по сравнению с контрольной теплицей:

$$\text{БЭ} = (Y_1 - Y_2) / Y_1 \times 100\%,$$

где Y_1 – поврежденность (численность) в контроле, %. Y_2 – поврежденность (численность) в опыте, %.

Поврежденность растений (Р) вычисляли по формуле:

$$\text{Р} = n / N \times 100\%,$$

где n – число поврежденных растений или их частей, шт.; N – общее число учтенных растений или их частей, шт.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы OriginPro, версия 2022 (OriginLab Corporation, Northampton, MA, USA), с установленным уровнем значимости $\alpha = 0,05$. Для проверки достоверных различий между группами выборок применялся непараметрический однофакторный сравнительный анализ Краскела – Уоллиса (Kruskal – Wallis ANOVA), для попарного сравнения – критерий Дьюнна (Dunn's test).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Число отловленных самцов томатной моли за учетный период в варианте с применением метода дезориентации было ниже практически в 5 раз, чем с массовым отловом, в среднем на одну сигнальную ловушку отловилось по 20 ± 7 и $94 \pm 22,5$ экземпляра соответственно варианту. Несмотря на это, статистически массовый отлов не имел отличий в отлове самцов как с методом дезориентации, так и с контрольным вариантом ($z = 1,35$; $df = 2$; $p = 0,53$). Отличия в количестве отловленных самцов имели контрольный вариант, где на одну ловушку в среднем отловилось 242 ± 36 экз. насекомых, и вариант с дезориентацией (20 ± 7) ($z = 2,69$; $df = 2$; $p = 0,021$) (рис. 9).

Эффект метода дезориентации и массового отлова составил 92 и 61% соответственно. При этом достаточно высоко оценивается биологическая эффективность дезориентации, которая равна 80%. У массового отлова она была ниже – 45%.

При осмотре контрольных десяти растений томата на наличие характерных повреждений томатной молю в каждом из вариантов значительная часть их имела в среднем по 23 листа (21–25). В вариантах с применением метода

(three times in total). The total amount of pheromone consumed was 1.72 g. Five chemical treatments with the insecticide “Koragen” and the biological insecto- acaricide “Fitoverm” were carried out in all greenhouses during the growing season.

The effectiveness (E) of the disorientation and mass trapping methods of the pest was determined by the number of males captured in the experimental greenhouses, in comparison with the control greenhouse (without the use of pheromones), using the following formula:

$$\text{E} = (K_1 - K_2) / K_1 \times 100\%,$$

where K_1 – average number of males caught per trap in the control greenhouse, num., K_2 – average number of males caught by one trap in the experimental greenhouse, num.

Biological effectiveness (BE) was determined by the total number of fruits damaged by *T. absoluta* larvae (once, at the end of the tests) in the experimental greenhouses compared to the control greenhouse:

$$\text{BE} = (U_1 - U_2) / U_1 \times 100\%,$$

where U_1 – damage (number) in control, %. U_2 – damage (number) in the experiment, %.

Plant damage (P) was calculated using the formula:

$$\text{P} = n / N \times 100\%,$$

where n is the number of damaged plants or their parts, pcs.; N is the total number of plants or their parts recorded, pcs.

Statistical data processing was performed using OriginPro, version 2022 (OriginLab Corporation, Northampton, MA, USA), with a significance level of $\alpha = 0.05$. To test for significant differences between sample groups, nonparametric one-way comparative analysis Kruskal – Wallis ANOVA was used, and for pairwise comparison – Dunn's test.

RESULTS AND DISCUSSION

During the studied period, the number of *T. absoluta* males captured with the use of the disorientation method was lower by almost 5 times than with mass trapping. On average, 20 ± 7 and 94 ± 22.5 specimens were captured per signal trap, respectively. Despite this, statistically, mass trapping did not have differences in the capture of males, either with the disorientation method or with the control variant ($z = 1.35$; $df = 2$; $p = 0.53$). There were differences in the number of captured males in the control variant, where on average 242 ± 36 insects were captured per trap, and in the variant with disorientation (20 ± 7) ($z = 2.69$; $df = 2$; $p = 0.021$) (Fig. 9).

The effect of the disorientation method and mass trapping was 92 and 61%, respectively. At the same time, the biological effectiveness of disorientation is estimated quite highly, equal to 80%. For mass trapping, it was lower – 45%.

When examining ten control tomato plants for the presence of characteristic damage by *T. absoluta* in each of the variants, a significant part of them had

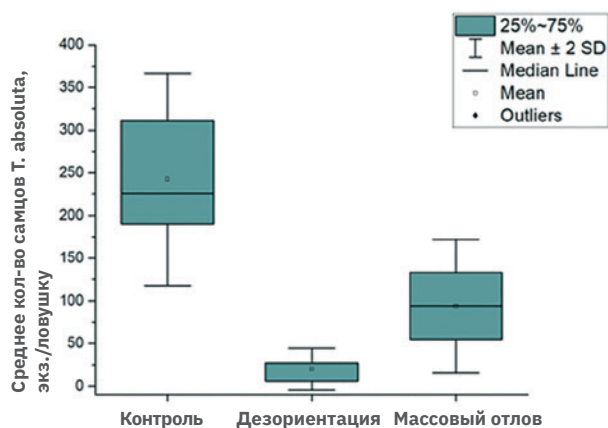


Рис. 9. Влияние метода дезориентации и массового отлова на отлов самцов *Tuta absoluta* в сигнальные феромонные ловушки

Fig. 9. Effect of disorientation and mass trapping on the capture of *Tuta absoluta* male in signal pheromone traps

дезорииентации и массового отлова за весь период наблюдений поврежденность листьев была одинаковой и составила 50%, тогда как в контроле – 90% ($\chi^2 = 10,34$; $df = 2$; $p = 0,0056$). Так, в среднем в варианте с дезориентацией из 21 осмотренного листа 11 были повреждены гусеницами томатной моли, в варианте с массовым отловом – 12 из 25, в контрольном варианте – 21 из 23. Варианты дезориентации и массового отлова имели отличия от контрольного ($z = 3,09$; $df = 2$; $p = 0,002$ и $z = 2,33$; $df = 2$; $p = 0,02$) (рис. 2) соответственно, но не отличались между собой по степени поврежденности ($z = 0,76$; $df = 2$; $p = 0,446$) (рис. 10).

Схожие результаты были получены и при подсчете количества проделанных гусеницами томатной моли ходов (мин) на листьях растений (рис. 11).

Так, при явном отличии вариантов дезориентации и массового отлова от контрольного ($z = 4,23$; $df = 2$; $p = 0,00002$ и $z = 3$; $df = 2$; $p = 0,0026$) соответственно, два первых не имели отличий между собой ($z = 1,22$; $df = 2$; $p = 0,223$) (рис. 11).

Общий урожай томатов в опытной теплице № 1 (метод дезориентации) оказался выше на 600 кг чем в контрольной № 3, что составляет

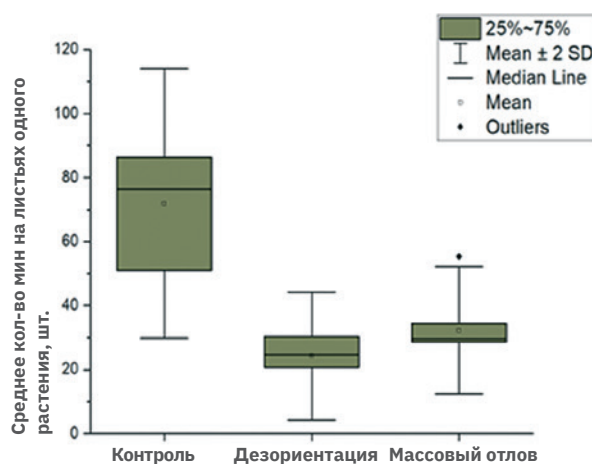


Рис. 11. Влияние метода дезориентации и массового отлова на количество мин на листьях, поврежденных томатной молью

Fig. 11. Effect of disorientation and mass trapping methods on the number of mines on leaves damaged by *T. absoluta*

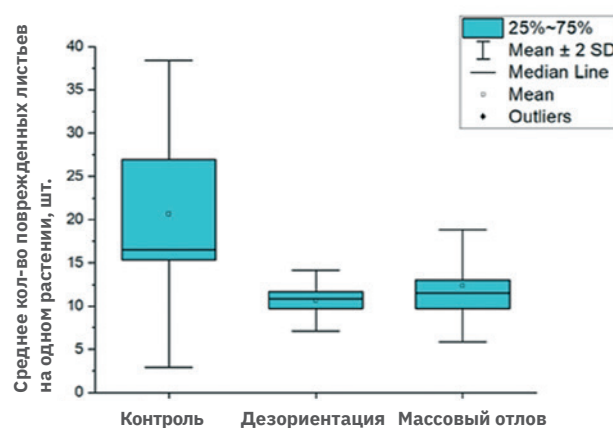


Рис. 10. Влияние метода дезориентации и массового отлова на поврежденность листьев томата насекомыми *Tuta absoluta*

Fig. 10. Effect of disorientation and mass trapping on tomato leaf damage by *Tuta absoluta* insects

an average of 23 leaves (21–25). In the variants using the disorientation and mass trapping method, the leaf damage was the same over the entire observation period and amounted to 50%, while in the control it was 90% ($\chi^2 = 10,34$; $df = 2$; $p = 0,0056$). Thus, on average, in the variant with disorientation, out of 21 examined leaves, 11 were damaged by *T. absoluta* larvae, in the variant with mass trapping – 12 out of 25, in the control variant – 21 out of 23. The variants of disorientation and mass trapping had differences from the control ($z = 3,09$; $df = 2$; $p = 0,002$) and ($z = 2,33$; $df = 2$; $p = 0,02$) (Fig. 2), respectively, but did not differ from each other in the degree of damage ($z = 0,76$; $df = 2$; $p = 0,446$) (Fig. 10).

Similar results were obtained when counting the number of galleries (mines) made by *T. absoluta* larvae on plant leaves (Fig. 11).

Thus, with a clear difference between the disorientation and mass trapping from the control ($z = 4,23$; $df = 2$; $p = 0,00002$) and ($z = 3$; $df = 2$; $p = 0,0026$), respectively, the first two did not differ from each other ($z = 1,22$; $df = 2$; $p = 0,223$) (Fig. 11).

The total tomato yield in the experimental greenhouse No. 1 (disorientation method) was 600 kg higher than in the control greenhouse No. 3, which is 18% of the total number of tomato fruits collected in the control. In greenhouse No. 2 (mass trapping method), the yield was 403 kg higher than in the control greenhouse, which is 12% of the total number of tomatoes collected (Table 1).

As a result of using the disorientation and mass trapping methods, the farm managed to reduce the damage of tomato fruits and improve their quality (Table 1). The damage of tomato fruits in the harvested crop was higher in the control variant – 34%, slightly lower in the variant with mass trapping – 18%, and insignificant in the variant with disorientation – 7%. The highest quality crop was collected in greenhouse No. 1, where the disorientation method was used – 3,710 kg (93% of the total harvested crop in the variant), as well as in greenhouse No. 2, where traps were installed for

Табл. 1. Динамика сбора урожая томатов в опытных (метод дезориентации и метод массового отлова) и контрольной теплицах
Table 1. Dynamics of tomato harvesting in experimental (disorientation method and mass trapping method) and control greenhouses

Дата	Теплица № 1 (дезориентация): 37 резиновых пробок, с 15 мг и 3 сигнальные ловушки по 0,05 мг Greenhouse #1 (disorientation): 37 rubber stoppers, with 15 mg and 3 signal traps of 0.05 mg			Теплица № 2 (массовый отлов): 37 ловушек с диспенсерами по 0,5 мг и 3 сигнальные ловушки по 0,05 мг Greenhouse No. 2 (mass trapping): 37 traps with dispensers of 0.5 mg and 3 signal traps of 0.05 mg			Теплица № 3 (контроль): 3 сигнальные феромонные ловушки по 0,05 мг Greenhouse No. 3 (control): 3 signal pheromone traps 0.05 mg each		
	Качествен- ные плоды, кг Quality fruits, kg	Поврежден- ные плоды, кг Damaged fruits, kg	Всего, кг Total, kg	Качествен- ные плоды, кг Quality fruits, kg	Поврежден- ные плоды, кг Damaged fruits, kg	Всего, кг Total, kg	Качествен- ные плоды, кг Quality fruits, kg	Поврежден- ные плоды, кг Damaged fruits, kg	Всего, кг Total, kg
13.07	51	-	51	48	-	48	45	-	45
18.07	234	-	234	246	-	246	198	-	198
23.07	619	2	621	604	5	609	558	17	575
29.07	672	48	720	628	52	680	554	76	630
3.08	1025	79	1104	996	204	1200	524	501	1025
8.08	1109	141	1250	562	438	1000	360	547	907
Всего (урожай), кг Total (harvest), kg									
	3710	270	3980	3084	699	3783	2239	114	3380
Всего (урожай), % Total (harvest), %									
	93%	7%	-	82%	18%	66%	34%	-	

18% от общего количества собранных плодов томата в контроле. В теплице № 2 (метод массового отлова) урожай был выше на 403 кг, чем в контрольной теплице, что составляет 12% от общего количества собранных томатов (табл. 1).

В результате применения метода дезориентации и массового отлова в хозяйстве удалось снизить поврежденность плодов томата и повысить их качество (табл. 1). Поврежденность плодов томата в съемном урожае оказалась выше у контрольного варианта – 34%, чуть ниже в варианте с массовым отловом – 18%, и незначительной в варианте с дезориентацией – 7%. Наиболее качественный урожай собрали в теплице № 1, где использовали метод дезориентации, – 3710 кг (93% от всего собранного урожая в варианте), а также в теплице № 2, где были установлены ловушки для массового отлова, – 3084 кг (82% от собранного урожая в варианте). В контрольной теплице № 3 качественных плодов без повреждений гусеницами томатной моли собрали 2239 кг, что составило 66% от собранного урожая в варианте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты, полученные в ходе проведенных полевых испытаний, показали высокую эффективность борьбы с томатной молью *Tuta absoluta* методом дезориентации и массового отлова с применением синтетического полового феромона, ацетата ЕЗ, Z8, Z11-тетрадекатриен-1-ола в условиях закрытого грунта на культуре томата. В результате нарушения феромонной коммуникации между обоими полами вредителя, большая часть самок осталась

mass trapping – 3,084 kg (82% of the harvested crop in the variant). In the control greenhouse No. 3, 2,239 kg of quality fruits without damage by *T. absoluta* larvae were collected, which amounted to 66% of the harvested crop in the variant.

CONCLUSION

The results obtained during the field tests showed high efficiency of the control of *Tuta absoluta* by the disorientation and mass trapping methods using a synthetic sex pheromone, acetate E3, Z8, Z11-tetradecatrien-1-ol, in protected ground conditions on the tomato crop. As a result of the disruption of pheromone communication between both sexes, most of the females remained unfertilized, thereby reducing the overall fertility of the population and, as a consequence, the harmfulness of the species. At the same time, in combination with chemical treatments of tomato plants, it was possible to achieve a significant reduction in the number of pests in experimental greenhouses compared to the control option, where these methods were not used, by two or more times. As a result, damage to tomato fruits and leaves decreased to a level of 18 to 7%.

The efficiency of using the disorientation and mass trapping methods was 92 and 61%, respectively, and their biological efficiency was 80 and 45%, respectively. The use of the *T. absoluta* sex pheromone led to

неоплодотворенной, тем самым снизилась общая плодовитость популяции и, как следствие, вредоносность вида. При этом в сочетании с химическими обработками растений томата удалось достичь значительного сокращения численности вредителя в опытных теплицах по сравнению с контрольным вариантом, где данные методы не применялись, в два и более раз. Вследствие этого снизилась поврежденность плодов и листьев томата до уровня от 18 до 7%.

Эффективность использования методов дезориентации и массового отлова составила соответственно 92 и 61%, а их биологическая эффективность – соответственно 80 и 45%. Применение полового феромона томатной моли привело к увеличению урожайности и качества томатов. Качество плодов томата в варианте дезориентации достигало 97%, а в методе массового отлова – 81%, в то время как в контроле этот показатель был равен 66%. Применение метода дезориентации и массового отлова привело соответственно к 18%-й и 12%-й прибавкам урожая томатов по сравнению с контрольным вариантом.

Метод дезориентации и метод массового отлова могут быть рекомендованы к применению при выращивании томатов в условиях закрытого грунта с целью снижения численности вредителя томатной моли в насаждениях. Кроме того, использование ловушек с синтетическим половым феромоном томатной моли в качестве средства мониторинга состояния и численности популяции вредителя позволяет четко установить сроки химических обработок, тем самым повысить их эффективность и сократить объем применяемых инсектицидов. Как элемент системы интегрированной защиты растений использование феромонных ловушек можно сочетать либо с химическими, либо с биологическими средствами, которые разрешены к применению в условиях закрытого грунта.

Благодарность. Авторы выражают признательность Н. И. Кулаковой за консультации по южноамериканской томатной моли и за предоставленные фотографии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абасов М.М., Тодоров Н.Г., Пономарев В.Л., Атанов Н.М., Кузина Н.П., Еремин С.А. Информационный отчет о применении феромонных и цветных ловушек на территории Российской Федерации для установления карантинного фитосанитарного состояния подкарантинных объектов в 2019 году. ФГБУ «ВНИИКР». 2020. С. 17–19.
2. Абасов М.М., Тодоров Н.Г., Атанов Н.М., Кузина Н.П. Внедрение феромонного мониторинга в практику карантина растений Российской Федерации // Защита и карантин растений. № 2. 2022. С. 24–26.
3. Анализ фитосанитарного риска томатной моли *Tuta absoluta* для территории РФ. М.: ФГУ «ВНИИКР». 2010.
4. Жимерикин В.Н., Миронова М.К., Дудов М.В. Южноамериканская томатная моль *Tuta absoluta* Povolny (Lepidoptera, Gelechiidae). // Защита и карантин растений. 2009. № 6. С. 34–35.

an increase in the yield and quality of tomatoes. The tomato fruit quality in the disorientation variant reached 97%, and in the mass trapping method – 81%, while in the control this figure was 66%. The use of the disorientation and mass trapping methods led to 18 and 12% increases in tomato yield, respectively, compared to the control variant.

The disorientation and the mass trapping methods can be recommended for use when growing tomatoes in protected ground conditions in order to reduce the *T. absoluta* number in plantings. In addition, the use of traps with a synthetic *T. absoluta* sex pheromone as a means of monitoring the condition and population size of the pest allows to clearly establish the timing of chemical treatments, thereby increasing their effectiveness and reducing the amount of insecticides used. As an element of the integrated pest management, the use of pheromone traps can be combined with either chemical or biological agents that are approved for use in protected ground conditions.

Acknowledgements. The authors express their gratitude to N.I. Kulakova for consultations on *T. absoluta* and for the provided photographs.

REFERENCES

1. Abasov M.M., Todorov N.G., Ponomarev V.L., Atanov N.M., Kuzina N.P., Eremin S.A. Information report on the use of pheromone and color traps on the territory of the Russian Federation to establish the quarantine phytosanitary state of quarantine pests in 2019 [Informatsionnyy otchet o primenении feromonnykh i tsvetnykh lovushek na territorii Rossiyskoy Federatsii dlya ustanovleniya karantinnoy fitosanitarnogo sostoyaniya podkarantinnykh ob"yektov v 2019 godu]. FGBU "VNIKR". 2020. P. 17-19. (In Russ.)
2. Abasov M.M., Todorov N.G., Atanov N.M., Kuzina N.P. Implementation of pheromone monitoring in the practice of plant quarantine in the Russian Federation // Plant protection and quarantine. 2022; 2: 24–26. (In Russ.)
3. Pest risk analysis of *Tuta absoluta* for the territory of the Russian Federation. Moscow: FGBU "VNIKR". 2010. (In Russ.)
4. Zhimerikin V.N., Mironova M.K., Dudov M.V. *Tuta absoluta* Povolny (Lepidoptera, Gelechiidae) [Yuzhnoamerikanskaya tomatnaya mol' *Tuta absoluta* Povolny (Lepidoptera, Gelechiidae)] // Plant Protection and Quarantine. 2009; 6: 34-35. (In Russ.)
5. Zhimerikin V.N., Mironova M.K. *Tuta absoluta* – a threat to tomato production [Yuzhnoamerikanskaya tomatnaya mol' – ugroza tomatnomu proizvodstvu] // Plant protection and quarantine. 2012; 11: 32-34. (In Russ.)
6. Zhimerikin V.N., Tinaev N.N. Sex pheromones in an integrated system for controlling *Tuta absoluta* [Polovyye feromony v integrirovannoy sisteme bor'by s yuzhnoamerikanskoy tomatnoy molyu] // Plant Protection and Quarantine. 2019; 4: 25–28. (In Russ.)
7. Izhevskiy S.S., Akhatov A.K., Sinev S.Yu. *Tuta absoluta* already detected in Russia [Tomatnaya

5. Жимерикин В. Н., Миронова М. К. Южноамериканская томатная моль – угроза томатному производству // Защита и карантин растений. 2012. №11. С.32–34.

6. Жимерикин В.Н., Тинаев Н.Н. Половые феромоны в интегрированной системе борьбы с южноамериканской томатной молью // Защита и карантин растений. 2019. № 4. С. 25–28.

7. Ижевский С.С., Ахатов А.К., Синев С.Ю. Томатная минирующая моль выявлена уже в России // Защита и карантин растений. 2011. № 3. С. 40–44.

8. Клеchkovsky Ю.Э., Черней Л.Б. Томатная моль – новая угроза сельскому хозяйству // Защита и карантин растений. 2014, № 4. С. 36–38.

9. Миронова М.К., Жимерикин В.Н. Южноамериканская томатная моль – угроза производству томатов в России // Теплицы России. 2012. № 1. С. 62–64.

10. Пятнова Ю.Б., Лебедева К.В., Каракотов С.Д. Феромоны насекомых на службе защиты растений // Защита и карантин растений. 2016. № 5. С. 37–40.

11. Равашдех Ш.Х. Абдул-Азиз, Заец В.Г. Томатная минирующая моль – опасный карантинный вредитель томата // Защита и карантин растений. 2011. №12. С. 35–36.

12. Сметник А.И., Шумаков Е.М., Розинская Е.М. Применение феромонов для борьбы с карантинными вредителями растений. М. 1986. С. 1–48.

13. [Электронный ресурс]. – EPPO Global Database. Режим доступа: <https://gd.eppo.int/taxon/GNORAB> (дата обращения 23.03.2024).

14. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vniikr.ru/dokumenty/epko-eaes> (дата обращения 25.03.2024).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Растегаева Валентина Михайловна, кандидат химических наук, старший научный сотрудник – заведующий лабораторией синтеза феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р.п. Быково, г.о. Раменский, Московская обл., Россия; *ORCID 0009-0000-7695-5450*, *e-mail: vrast@mail.ru*

Абасов Музафар Мирзеагаевич, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории испытания и применения феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р.п. Быково, г.о. Раменский, Московская обл., Россия; *e-mail: abasovmm@vniikr.ru*

Кузина Нина Павловна, старший научный сотрудник лаборатории испытания и применения феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р.п. Быково, г.о. Раменский, Московская обл., Россия; *e-mail: pheromones@vniikr.ru*

Синицына Екатерина Витальевна, кандидат биологических наук, заместитель начальника международного отдела ФГБУ «ЦОК АПК», г.Москва, Россия, *ORCID 0000-0002-6314-3151*, *e-mail: katesinitsyna@gmail.com*

Широкова Оксана Александровна, агроном лаборатории испытания и применения феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р.п. Быково, г.о. Раменский, ул. Пограничная, 32, Московская обл., Россия; *ORCID 0009-0006-5705-2129*, *e-mail: oksanash84@mail.ru*

miniruyushchaya molya vyyavlena uzhe v Rossii] // Plant Protection and Quarantine. 2011; 3: 40–44. (In Russ.)

8. Klechkovsky Yu.E., Cherney L.B. Tomato moth – a new threat to agriculture [Tomatnaya mol' – novaya ugroza sel'skomu khozyaystvu] // Plant Protection and Quarantine. 2014; 4: 36–38. (In Russ.)

9. Mironova M.K., Zhimerikin V.N. *Tuta absoluta* – a threat to tomato production in Russia [Yuzhnoamerikanskaya tomatnaya mol' – ugroza proizvodstvu tomatov v Rossii] // Greenhouses of Russia. 2012; 1: 62–64. (In Russ.)

10. Pyatnova Yu.B., Lebedeva K.V., Karakotov S.D. Insect pheromones in the service of plant protection [Feromony nasekomykh na sluzhbe zashchity rasteniy] // Plant Protection and Quarantine. 2016; 5: 37–40. (In Russ.)

11. Ravashdeh Sh.Kh. Abdul-Aziz, Zayets V.G. Tomato leaf miner – a dangerous quarantine pest of tomato [Tomatnaya miniruyushchaya mol' – opasnyy karantinnyy vreditel tomata] // Plant Protection and Quarantine. 2011; 12: 35–36. (In Russ.)

12. Smetnik A.I., Shumakov E.M., Rozinskaya E.M. Use of pheromones to control quarantine plant pests [Primeneniye feromonov dlya bor'by s karantinnyimi vreditelyami rasteniy]. Moscow, 1986; 1–48. (In Russ.)

13. [Electronic resource]. – EPPO Global Database. Link: <https://gd.eppo.int/taxon/GNORAB> (last accessed: 23.03.2024).

14. [Electronic resource]. – Link: <https://vniikr.ru/dokumenty/epko-eaes> (last accessed: 25.03.2024).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Valentina Rastegaeva, PhD in Chemistry, Senior Researcher, Head of Pheromone Synthesis Laboratory, FGBU “VNIKIR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *ORCID 0009-0000-7695-5450*, *e-mail: vrast@mail.ru*

Muzafar Abasov, Advanced Doctor in Biology, Leading Researcher, Pheromone Testing and Application Laboratory, FGBU “VNIKIR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: abasovmm@vniikr.ru*

Nina Kuzina, Senior Researcher, Pheromone Testing and Application Laboratory, FGBU “VNIKIR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: pheromones@vniikr.ru*

Ekaterina Sinitsyna, Phd in Biology, Deputy Head of the International Department, Federal Center for Assessment of Safety and Quality of Agricultural Products, Moscow, Russia, *ORCID 0000-0002-6314-3151*, *e-mail: katesinitsyna@gmail.com*

Oksana Shirokova, Agronomist, Pheromone Testing and Application Laboratory, FGBU “VNIKIR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *ORCID 0009-0006-5705-2129*, *e-mail: oksanash84@mail.ru*

Здесь может быть ваша статья!

Журнал «Фитосанитария. Карантин растений» приглашает авторов для публикации своих научных работ

Редакция журнала «Фитосанитария. Карантин растений» рада предложить вам возможность публикации ваших статей на страницах журнала. Наша цель – привлечение внимания к наиболее актуальным проблемам карантина растений специалистов сельского хозяйства и всех заинтересованных в этом людей.

В журнале рассматриваются основные направления развития науки и передового опыта в области карантина и защиты растений, публикуется важная информация о новых методах и средствах, применяемых как в России, так и за рубежом, а также о фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации.

Мы доносим до широкого круга читателей объективную научно-просветительскую и аналитическую информацию: мнения ведущих специалистов по наиболее принципиальным вопросам карантина растений, данные о значимых новейших зарубежных и отечественных исследованиях, материалы тематических конференций.

Редакция журнала «Фитосанитария. Карантин растений» приглашает к сотрудничеству как выдающихся деятелей науки, так и молодых ученых, специалистов-практиков, работающих в области фитосанитарии, для обмена опытом, обеспечения устойчивого фитосанитарного благополучия и для новых научных дискуссий.

ЗАДАЧИ ЖУРНАЛА

- Изучение основных тенденций развития науки в области карантина растений
- Анализ широкого круга передовых технологий в области мониторинга и лабораторных исследований по карантину растений
- Обсуждение актуальных вопросов карантина растений

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫМ СТАТЬЯМ

К публикации принимаются статьи на двух языках: русском и английском, содержащие результаты собственных научных исследований, объемом до 15 страниц, но не менее 3 (при одинарном интервале и размере шрифта 12). Оптимальный объем статьи – от 1500 слов. Статьи большего объема могут быть приняты по согласованию с редакцией журнала.

СТРУКТУРА ПРЕДОСТАВЛЯЕМОЙ СТАТЬИ*

1. УДК, название статьи.
2. Инициалы, фамилия автора.
3. Место работы автора, город, страна, ORCID ID, адрес электронной почты.
4. Аннотация (краткое точное изложение содержания статьи, включающее фактические сведения и выводы описываемой работы): 200–250 слов, но не более 2000 знаков с пробелами.
5. Ключевые слова (5–10 слов, словосочетаний), наиболее точно отображающие специфику статьи.
6. Введение.
7. Материалы и методы.
8. Результаты и обсуждения.
9. Выводы/заключение.
10. Список литературы (т. е. список всей использованной литературы, ссылки на которую даются в самом тексте статьи): правила составления направляются автору по запросу.
11. Информация об авторах: приводится полная информация о каждом из авторов (место работы, город, страна, ORCID ID, адрес электронной почты).
12. Иллюстративные материалы (фотографии, рисунки) допускаются хорошей контрастности, с разрешением не ниже 300 точек на дюйм (300 dpi), оригиналы прикладываются к статье отдельными файлами в формате .tiff или .jpeg (иллюстрации, не соответствующие требованиям, будут исключены из статей, поскольку достойное их воспроизведение типографским способом невозможно). Необходимо указать авторство каждой фотографии (Ф. И. О. фотографа или ссылку).
13. В редакцию необходимо предоставить две рецензии на статью («внешнюю» и «внутреннюю»).

** В таком же порядке и структуре предоставляется англоязычный перевод статьи.*

Работа должна быть предоставлена в редакторе WORD, формат DOC, шрифт Times New Roman, размер шрифта – 12, межстрочный интервал – одинарный, размер полей – по 2 см, отступ в начале абзаца – 1 см, форматирование по ширине. Рисунки, таблицы, схемы, графики и пр. должны быть обязательно пронумерованы, иметь источники и помещаться на печатном поле страницы. Название таблицы – над таблицей; название рисунка/графика – под рисунком/графиком.

БОЛЕЕ ПОДРОБНЫЕ УСЛОВИЯ ПУБЛИКАЦИИ СТАТЕЙ ВЫ МОЖЕТЕ УЗНАТЬ В НАШЕЙ РЕДАКЦИИ:

Адрес: 140150, Россия, Московская область, г. о. Раменский, р. п. Быково, ул. Пограничная, д. 32
Контактное лицо: Зиновьева Светлана Георгиевна
Телефон: 8 (499) 707-22-27, e-mail: zinoveva-s@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»)



– Научное и методическое обеспечение деятельности Россельхознадзора, его территориальных управлений и подведомственных ему учреждений в сфере карантина и защиты растений

– Установление карантинного фитосанитарного состояния подкарантинных материалов и территории Российской Федерации путем проведения лабораторных экспертиз и мониторингов

– Научное сотрудничество с национальными и международными организациями в области карантина растений

- Ведущее учреждение в Российской Федерации по синтезу и применению феромонов для выявления карантинных и некарантинных вредителей и борьбы с ними
- ФГБУ «ВНИИКР» – партнер международной программы по координации научных исследований в области карантина растений EUPHRESKO II (European PHYtosanitary RESearch COordination)
- В ФГБУ «ВНИИКР» создан и действует Технический комитет по стандартизации ТК 42 «Карантин и защита растений»
- Ведущее научно-методическое учреждение в составе Координационного совета по карантину растений государств – участников СНГ
- 12 филиалов на территории Российской Федерации
- Головное научно-методическое учреждение по реализации Плана первоочередных мероприятий, направленных на гармонизацию карантинных фитосанитарных мер государств – членов Таможенного союза

140150, Россия,
Московская область,
г. о. Раменский, р. п. Быково,
ул. Пограничная, д. 32

Тел./факс:
8 (499) 707-22-27

e-mail: vniikr@fsvps.gov.ru
<http://www.vniikr.ru>