



ФГБУ «ВНИИКР»:
наука в цифрах

2

Гриб – возбудитель
вязкой гнили
черники

27

Молекулярная диагностика
фитопатогена *Xanthomonas*
translucens

37

Циклахена
дурнишниковидная
в России

50

ФИТОСАНИТАРИЯ. КАРАНТИН РАСТЕНИЙ

PLANT HEALTH AND QUARANTINE

Свидетельство
о регистрации СМИ ПИ
№ ФС 77-76606

Русско-английский научный журнал

Июнь № 2 (6) 2021

СТАТЬЯ НОМЕРА:

**Фитосанитарное исследование лесных
биоценозов Республики Карелии** 9

**Опасный патоген плодовых
PLMVd** 20

**Испытание новых типов
феромонных ловушек** 62

фото С.Н. Лябиной

Редакционная коллегия

Editorial board

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Е.И. НАЗИН, директор ФГБУ «ВНИИКР»

ШЕФ-РЕДАКТОР:

Д.А. САБОВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА

Ю.А. ШВАБАУСКЕНЕ – заместитель Руководителя Россельхознадзора
Н.Н. СОЛОВЬЕВА – начальник Управления фитосанитарного надзора и семенного контроля Россельхознадзора, кандидат биологических наук
А.Д. ОРЛИНСКИЙ – научный советник ЕОКЗР, доктор биологических наук

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

А.В. КОЧЕТОВ – директор ФГБНУ «ФИЦ Институт цитологии и генетики СО РАН», член-корреспондент РАН, профессор РАН, доктор биологических наук

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

М.В. ПРИДАННИКОВ – заместитель директора Центра паразитологии при ИПЭЭ РАН им. А.Н. Северцова, кандидат биологических наук

Н.В. АЛЕЙНИКОВА – заместитель директора по научно-организационной работе ФГБНУ «Магарах» РАН, доктор сельскохозяйственных наук

А.В. ХЮТТИ – заведующий сектором «Грибных, вирусных, микоплазменных и нематодных болезней картофеля и овощных культур» ФГБНУ «ВНИИЗР», кандидат биологических наук

И.Т. БАЛАШОВА – главный научный сотрудник лаборатории новых технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», доктор биологических наук

Ф.С. ДЖАЛИЛОВ – заведующий лабораторией защиты растений МСХА им. К.А. Тимирязева, профессор, доктор биологических наук

А.И. УСКОВ – заведующий отделом биотехнологии и иммунодиагностики ФГБНУ ВНИИКХ им. А.Г. Лорха, доктор сельскохозяйственных наук

М.М. АБАСОВ – начальник Центра развития и внедрения инновационных методов защиты растений ФГБУ «ВНИИКР», доктор биологических наук

Н.А. ШЕРОКОЛАВА – главный эксперт ФГБУ «ВНИИКР»

К.П. КОРНЕВ – заместитель директора ФГБУ «ВНИИКР», кандидат биологических наук

Ю.А. ШНЕЙДЕР – и. о. заместителя директора ФГБУ «ВНИИКР», кандидат биологических наук

РЕДАКЦИЯ

В.В. ЧЕРЕПАНОВА – редактор-корректор ФГБУ «ВНИИКР»

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

Е.М. ВОЛКОВА – заведующая лабораторией сорных растений ФГБУ «ВНИИКР», кандидат биологических наук

О.Г. ВОЛКОВ – начальник отдела биометода ФГБУ «ВНИИКР»

С.Г. ЗИНОВЬЕВА, начальник отдела по связям с общественностью и СМИ ФГБУ «ВНИИКР»

Е.В. КАРИМОВА – старший научный сотрудник научно-методического отдела вирусологии и бактериологии ФГБУ «ВНИИКР», кандидат биологических наук

О.А. КУЛИНИЧ – начальник отдела лесного карантина ФГБУ «ВНИИКР», доктор биологических наук

М.Б. КОПИНА – начальник научно-методического отдела микологии и гельминтологии ФГБУ «ВНИИКР», кандидат сельскохозяйственных наук

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

С.В. СУДАРИКОВА – старший научный сотрудник лаборатории гельминтологии ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР»

В.С. КУЧЕРЯВЫХ – переводчик, кандидат филологических наук

CHIEF EDITOR:

E.I. NAZIN, Director of FGBU “VNIICR”

MANAGING EDITOR:

D. A. SABOV

EDITORIAL BOARD

YU.A. SHVABAUSKENE – Deputy Head of Rosselkhoz nadzor

N.N. SOLOVYOVA – Head of the Directorate for Phytosanitary Surveillance and Seed Control of Rosselkhoz nadzor, PhD in Biology

A.D. ORLINSKI – EPPO Scientific Advisor, Doctor of Advanced Studies in Biological Sciences

A.S. SHAMILOV – FAO Agricultural Officer, Deputy Head of the Standards Setting Unit of IPPC Secretariat, PhD in Biology

A.V. KOCHETOV – Director of FGBNU “Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics SB RAS”, Corresponding Member of the RAS, Professor of the RAS, Doctor of Advanced Studies in Biological Sciences

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

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

N.V. ALEINIKOVA – Deputy Director for Scientific and Organizational Work of the FGBNU “Magarach” of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Advanced Studies in Agricultural Sciences

A.V. KHIUTTI – Head of the Group for Potato and Vegetable Crop Fungal, Viral, Mycoplasma and Nematode Diseases of FGBNU “VNIIZR”, PhD in Biology

I.T. BALASHOVA – Chief Researcher of the Laboratory of New Technologies of FGBNU “Federal Scientific Center of Vegetable Growing”, Doctor of Advanced Studies in Biological Sciences

F.S. DZHALILOV – Head of the Plant Protection Laboratory of the RSAU – MAA n.a. K.A. Timiryazev, Professor, Doctor of Advanced Studies in Biological Sciences

A.I. USKOV – Head of the Biotechnology and Immunodiagnostics Department of FGBNU “Lorch Potato Research Institute”, Doctor of Advanced Studies in Agricultural Sciences

M.M. ABASOV – Head of the Center for Development and Implementation of Innovative Methods of Plant Protection of FGBU “VNIICR”, Doctor of Advanced Studies in Biological Sciences

N.A. SHEROKOLAVA – Chief Expert of FGBU “VNIICR”

K.P. KORNEV – Deputy Director of FGBU “VNIICR”, PhD in Biology

YU.A. SHNEYDER – Acting Deputy Director of FGBU “VNIICR”, PhD in Biology

EDITORSHIP

V.V. CHEREPANOVA – Copy Editor of FGBU “VNIICR”

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

E.M. VOLKOVA – Head of the Laboratory of Weed Plants of FGBU “VNIICR”, PhD in Biology

O.G. VOLKOV – Head of the Biomethod Department of FGBU “VNIICR”

S.G. ZINOVEVA, Head of the Public Relations and Mass Media Department of FGBU “VNIICR”

E.V. KARIMOVA – Senior Researcher of the Scientific and Methodological Department of Virology and Biology of the FGBU “VNIICR”, PhD in Biology

O.A. KULINICH – Head of the Forest Quarantine Department of FGBU “VNIICR”, Doctor of Advanced Studies in Biological Sciences

M.B. KOPINA – Head of the Research and Methodology Department for Mycology and Helminthology, PhD in Agriculture

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

S.V. SUDARIKOVA – Senior Researcher of the Helminthology Laboratory of the Testing Laboratory Center of FGBU “VNIICR”

V.S. KUCHERYAVYKH – Translator, PhD in Philology

Содержание | Content

НАУКА В ЦИФРАХ

Результаты научной деятельности ФГБУ «ВНИИКР» в 2020 году

Ю.А. ШНЕЙДЕР, Т.А. КОПКОВА, А.В. КРУТОВ,
Е.В. КАРИМОВА

SCIENCE IN FIGURES

Results of research activities of FGBU "VNI IKR" in 2020

YU.A. SHNEYDER, T.A. KOPKOVA, A.V. KRUTOV,
E.V. KARIMOVA

2

НАШИ ЭКСПЕДИЦИИ

Вредители и болезни лесных биocenозов особо охраняемых природных территорий Республики Карелии

А.А. ЧАЛКИН, Д.Ф. ЗИННИКОВ, С.Н. ЛЯБЗИНА,
О.В. СИНКЕВИЧ

OUR EXPEDITIONS

Pests and diseases of forest biocenoses of specially protected natural areas of the Republic of Karelia

A.A. CHALKIN, D.F. ZINNIKOV, S.N. LYABZINA,
O.V. SINKEVICH

9

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Вироид латентной мозаики персика – опасный патоген плодовых культур

Ю.Н. ПРИХОДЬКО, Т.С. ЖИВАЕВА,
Е.Н. ЛОЗОВАЯ, Ю.А. ШНЕЙДЕР, Е.В. КАРИМОВА

Peach latent mosaic viroid – dangerous pathogen of fruit crops

YU.N. PRIKHODKO, T.S. ZHIVAEVA,
E.N. LOZOVAYA, YU.A. SHNEYDER, E.V. KARIMOVA

20

Культурально-морфологические особенности возбудителя *Diaporthe vaccinii* в подкарантинной продукции – растениях клюквы

А.А. КУЗНЕЦОВА, Ю.В. ЦВЕТКОВА,
А.В. КАМЧЕНКОВ

Culture morphological characteristics of the pathogen *Diaporthe vaccinii* in regulated products – cranberry plants

A.A. KUZNETSOVA, YU.V. TSVETKOVA,
A.V. KAMCHENKOV

27

Разработка новых ПЦР-тестов для диагностики возбудителя черного бактериоза зерновых культур *Xanthomonas translucens*

О.Ю. СЛОВАРЕВА, Е.В. СТАРИКОВА, М. МУВИНГИ

Development of new PCR tests for diagnostics of the agent of bacterial leaf streak of wheat *Xanthomonas translucens*

O.YU. SLOVAREVA, E.V. STARIKOVA, M. MUVINGI

37

О распространении и некоторых особенностях *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. на территории Российской Федерации

Т.З. ОМЕЛЯНЕНКО

On spreading and some peculiarities of *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. in the Russian Federation

T.Z. OMELIANENKO

50

ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

О результатах испытания различных типов феромонных ловушек для отлова восточной плодожорки *Grapholita molesta* (Busck, 1916) в условиях Южного берега Крыма

В.Э. ГЛЕБОВ, Д.А. КОРЖ, Е.В. СИНИЦЫНА,
Н.З. ФЕДОСЕЕВ

On the results of testing various types of pheromone traps for collecting oriental fruit moth *Grapholita molesta* (Busck, 1916) in the conditions of the southern coast of Crimea

V.E. GLEBOV, D.A. KORZH, E.V. SINITSYNA,
N.Z. FEDOSEEV

62

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
Дизайн и верстка: Мария Бондарь
Учредитель: ФГБУ «ВНИИКР», 140150, Московская область, г. Раменское, р. п. Быково, ул. Пограничная, д. 32
Издатель: ООО «Вейнард»
Телефон редакции: 8 (495) 925-06-34
Электронная почта: veinardltd@gmail.com

Индексы издания
для подписки в каталогах:
АО «Агентство «Роспечать» – 81075
ООО «Агентство Книга-Сервис» – 33095
Отпечатано в типографии
ООО «Полиграфический комплекс»
123298, г. Москва, ул. 3-я Хорошевская,
дом 18, корпус 1
Тираж 3000 экз.
Подписано в печать: 3 июня 2021 г.
Дата выхода в свет: 10 июня 2021 г.

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 VNI IKR, 140150, Moskovskaya oblast, Ramenskoye, r. p. Bykovo, Pogranichnaya ulitsa, 32
Publisher: OOO "Veynard"
Editorial Board Office:
Tel: +7 (495) 925-06-34

E-mail: veinardltd@gmail.com
Subscription indexes:
AO Agentstvo "Rospechat" – 81075
OOO Agentstvo "Kniga-Servis" – 33095
Printing house:
OOO "Poligrafichesky kompleks",
123298, ul. 3-ya Khoroshevskaya,
18, build. 1
Circulation: 3000 copies
Approved for print: 03/06/2021
Issue date: 10/06/2021

Результаты научной деятельности ФГБУ «ВНИИКР» в 2020 году

Ю.А. ШНЕЙДЕР¹, Т.А. КОПКОВА², А.В. КРУТОВ³,
Е.В. КАРИМОВА⁴

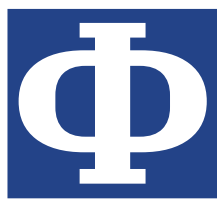
ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково,
г. Раменское, Московская область, Россия

¹ ORCID 0000-0002-7565-1241,
e-mail: yury.shneyder@mail.ru

² e-mail: kopkova_tatyana@vniikr.ru

³ e-mail: andrey156.76@mail.ru

⁴ ORCID 0000-0001-6474-8913,
e-mail: elenavkar@mail.ru



Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР») является организацией, подведомственной Федеральной службе по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор) и осуществляющей свою научную деятельность в области изучения вредных организмов, которые представляют опасность для развития сельского хозяйства и экономической деятельности Российской Федерации.

Научные исследования ВНИИКР имеют профильную направленность в части обеспечения контрольно-надзорных функций, являющихся гарантией карантинной фитосанитарной безопасности страны, что делает эти исследования уникальными и единственными в своем роде. Накопленный опыт и знания учреждения интегрированы в систему обеспечения фитосанитарной безопасности Российской Федерации. ФГБУ «ВНИИКР» имеет исследовательский центр с самым современным оборудованием, на котором проводятся научные исследования и разработки в области методов диагностики карантинных и особо опасных вредных организмов. Результаты проведенных научных исследований воплощены в научные монографии и методические руководства по выявлению и идентификации вредителей, фитопатогенных организмов и сорных растений, а также по локализации и ликвидации их очагов.

Наибольшее значение научная деятельность учреждения имеет для научного и технического обоснования регулирования вредных организмов и фитосанитарных мер, применяемых в Российской Федерации, с учетом риск-ориентированного подхода для обеспечения продовольственной

Results of Research Activities of FGBU “VNIICR” in 2020

YU.A. SHNEYDER¹, T.A. KOPKOVA², A.V. KRUTOV³,
E.V. KARIMOVA⁴

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

¹ ORCID 0000-0002-7565-1241,
e-mail: yury.shneyder@mail.ru

² e-mail: kopkova_tatyana@vniikr.ru

³ e-mail: andrey156.76@mail.ru

⁴ ORCID 0000-0001-6474-8913,
e-mail: elenavkar@mail.ru

Federal State Budgetary Institution “All-Russian Plant Quarantine Center” (FGBU “VNIICR”) is an organization subordinate to the Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance (Rosselkhoz nadzor) and carrying out its research in the field of studying pests that pose a threat to the development of agriculture and economic activities of the Russian Federation.

Scientific research of VNIICR has a profile direction in terms of ensuring control and supervisory functions, which guarantee the quarantine phytosanitary safety of the country, making these studies unique. The accumulated experience and knowledge of the institution are integrated into the phytosanitary security system of the Russian Federation. FGBU “VNIICR” has a research center with the state-of-art equipment, used for research and development in the field of diagnostic methods for quarantine and especially harmful pests. The results of the conducted research are embodied in scientific monographs and methodological recommendations for the detection and identification of pests, phytopathogenic organisms and weeds, as well as for the localization and elimination of their outbreaks.

The research conducted by the institution is of paramount importance for the scientific and technical substantiation of the regulation of pests and phytosanitary measures applied in the Russian Federation, taking into account the risk-based approach to ensure the country's food security. Pest risk analysis (PRA) is a key element in the rationale for measures. PRA scientific research is unique and is carried out in the Russian Federation only by specialists of the FGBU “VNIICR”.

безопасности страны. Ключевым элементом обоснования мер является анализ фитосанитарного риска (АФР). Научные исследования по анализу фитосанитарного риска в отношении вредных организмов являются уникальными и выполняются в Российской Федерации только специалистами ФГБУ «ВНИИКР».

В целом АФР – основа деятельности по карантину растений. Согласно МСФМ* № 5 (Глоссарий фитосанитарных терминов, 2007), АФР – это процесс оценки биологических или других научных и экономических данных с целью определения того, является ли организм вредным организмом, должен ли он регулироваться и какова должна быть жесткость фитосанитарных мер, принимаемых в отношении него. АФР проводят в соответствии с международными стандартами по фитосанитарным мерам, развивающими концепцию анализа фитосанитарного риска, – МСФМ № 2, МСФМ № 11, МСФМ № 14, МСФМ № 21. В 2020 г. в ФГБУ «ВНИИКР» проведен АФР для 11 вредных организмов.

Результаты проведенного АФР вредных организмов будут использованы для актуализации Единого перечня карантинных объектов ЕАЭС: предложено включить в перечень ЕАЭС 9 вредных организмов, исключить один и изменить статус для другого. В 2020 г. также были проведены АФР для 2 агентов биологической борьбы, предложены отдельные рекомендации по их использованию.

В 2020 г. проведен первый этап работ по оценке фитосанитарных рисков, связанных с экспортом, импортом и перемещением семенного материала. Целью данных работ является научное обоснование фитосанитарных мер, применяемых к импортируемому, экспортируемому, перемещаемому семенному материалу, с которым могут распространяться вредные организмы. Проведена систематизация перечня и категоризация вредных организмов. Разработаны новые риск-ориентированные подходы системы управления рисками, интегральные индексы фитосанитарного риска по различным видам продукции.

Результаты работ по оценке фитосанитарных рисков будут использованы для реализации системы управления рисками (СУР) при осуществлении государственного карантинного контроля (надзора), а также для оптимизации работы инспекторского состава Россельхознадзора.

В рамках проведения научных исследований в 2020 г. были разработаны новые стандарты, в которых сформулированы правила проведения карантинных фитосанитарных обследований подкарантинных объектов на выявление очагов карантинных вредных организмов, определен порядок установления карантинной фитосанитарной зоны и карантинного фитосанитарного режима. Разработанные стандарты используются всеми территориальными управлениями Россельхознадзора при установлении или снятии карантинного фитосанитарного режима, разработке критериев ликвидации очагов и установления границ карантинной фитосанитарной зоны.

В 2020 г. проведено 96 научно-исследовательских работ (НИР) по разработке и совершенствованию методов выявления и идентификации

In general, PRA is the basis of plant quarantine activities. According to ISPM* № 5 (Glossary of phytosanitary terms, 2007), PRA is the process of evaluating biological or other scientific and economic evidence to determine whether an organism is a pest, whether it should be regulated, and the strength of any phytosanitary measures to be taken against it. PRA is carried out in accordance with international standards for phytosanitary measures that develop the concept of pest risk analysis – ISPM No. 2, ISPM No. 11, ISPM No. 14, ISPM No. 21. In 2020, FGBU “VNIICR” performed PRA on 11 pests.

The results of the PRA of pests will be used to update the Common List of Quarantine Objects of the EAEU: it was proposed to include 9 pests in the EAEU list, exclude one and change the status for the other. In 2020, PRA was also carried out for 2 biological control agents, separate recommendations for their use were proposed.

In 2020, the first stage of work was carried out to assess the pest risks associated with the export, import and movement of seed material. The purpose of these works is to scientifically substantiate phytosanitary measures applied to imported, exported, transferable seed material, with which pests can spread. The systematization of the list and categorization of pests has been carried out. New risk-oriented approaches of the risk management system, integral pest risk indices for various types of products have been developed.

The results of the work on the assessment of pest risks will be used to implement the risk management system (RMS) in the implementation of state quarantine control (surveillance), as well as to optimize the work of the Rosselkhoz nadzor inspectors.

As part of scientific research in 2020, new standards were developed, which formulated the rules for conducting quarantine phytosanitary examinations of regulated objects to identify outbreaks of quarantine pests, determined the procedure for establishing a quarantine phytosanitary zone and a quarantine phytosanitary regime. The developed standards are used by all territorial departments of the Rosselkhoz nadzor when establishing or removing a quarantine phytosanitary regime, developing criteria for the elimination of outbreaks and establishing the boundaries of a quarantine phytosanitary zone.

In 2020, 96 research works (R&D) were carried out to develop and improve methods for the detection and identification of pests, study the developmental characteristics and assess their spreading in the Russian Federation.

The tasks in this area are directly related to the fundamental issues of taxonomy and phylogeny of the studied groups of organisms (insects, plants, viruses, bacteria, etc.). The development of methods for the detection and identification of pest and phytopathogen species included or recommended for inclusion in the Common List of Quarantine Objects of the EAEU is being carried out for the first time in our country. The methods use the results of the Institution's own research. The developed methods make it possible to

* ISPM – international standards for phytosanitary measures.

* МСФМ – международный стандарт по фитосанитарным мерам.

Научные исследования по анализу фитосанитарного риска (АФР) в отношении вредных организмов являются уникальными и выполняются в РФ только специалистами ФГБУ «ВНИИКР». АФР – основа деятельности по карантину растений

вредных организмов, изучению особенностей развития и оценке их распространения на территории Российской Федерации.

Задачи в рамках данного направления напрямую связаны с фундаментальными вопросами систематики и филогении изучаемых групп организмов (насекомых, растений, вирусов, бактерий и др.). Разработка методик по выявлению и идентификации видов вредителей и фитопатогенов, включенных или рекомендованных к включению в Единый перечень карантинных объектов ЕАЭС, проводится впервые в нашей стране. В методиках используются результаты собственных исследований. Разработанные методики позволяют надежно идентифицировать карантинные виды в рамках лабораторных исследований.

Результаты НИР по данному направлению будут использованы при проведении регионализации, с целью обеспечения требований стран – импортеров отечественной продукции. Полученные в ходе работ материалы, коллекции и иллюстрации также применяются при подготовке и проведении межлабораторных сличительных испытаний, курсов по повышению квалификации; при создании научных и обучающих проектов по визуализации информации о карантинных и особо опасных организмах; при разработке методов диагностики в области карантина растений.

В связи с лидирующими позициями Российской Федерации по экспорту зерна актуальным направлением научной деятельности учреждения является разработка методов выявления и идентификации вредных организмов, по которым выставляют свои требования страны – импортеры российской продукции. На основе проведенных исследований были усовершенствованы существующие методы диагностики вредных организмов и разработаны рекомендации по диагностике, которые используются всеми учреждениями, подведомственными Россельхознадзору.

Специалисты ВНИИКР выполняют работы по синтезу и испытаниям феромонов карантинных вредителей сельскохозяйственных культур и леса. В 2020 г. было выполнено 14 НИР по данной тематике. Феромонные ловушки, полученные на основе синтезированных феромонов, используются при проведении фитосанитарного мониторинга территории Российской Федерации, а также в целях реализации программы «зеленого» земледелия.

В учреждении продолжают изучение биологического метода защиты растений (биологический контроль). Разрабатывается теоретическое направление – значение биологического контроля как части фитосанитарного контроля. В настоящее время в отделе биометода содержится 11 маточных культур насекомых (энтомофагов и видов-хозяев), что

надежно идентифицировать карантинные виды в рамках лабораторных исследований.

Результаты исследований и разработки в этой области будут использоваться в процессе регионализации, в соответствии с требованиями стран, импортирующих российские продукты. Материалы, коллекции и иллюстрации, полученные в ходе работы, также

используются при подготовке и проведении межлабораторных сравнительных испытаний, курсов по повышению квалификации; при создании научных и обучающих проектов по визуализации информации о карантинных и особо опасных организмах; при разработке методов диагностики в области карантина растений.

В связи с ведущими позициями Российской Федерации в экспорте зерна, текущим направлением научной деятельности учреждения является разработка методов выявления и идентификации вредителей, в соответствии с которыми страны, импортирующие российские продукты, устанавливают свои требования. На основании проведенных исследований были усовершенствованы существующие методы диагностики вредителей и разработаны рекомендации по диагностике, которые используются всеми учреждениями, подведомственными Россельхознадзору.

ФГБУ «ВНИИКР» специалисты проводят работы по синтезу и тестированию феромонов карантинных вредителей сельскохозяйственных культур и лесов. В 2020 г. 14 исследовательских проектов были выполнены по этой теме. Феромонные ловушки, полученные на основе синтезированных феромонов, используются для фитосанитарного мониторинга территории Российской Федерации, а также для реализации программы «зеленого» сельского хозяйства.

Учреждение продолжает изучение биологического метода защиты растений (биологический контроль). Разрабатывается теоретическое направление – значение биологического контроля как части фитосанитарного контроля. В настоящее время в отделе биометода содержится 11 маточных культур насекомых (энтомофагов и видов-хозяев), что

надежно идентифицировать карантинные виды в рамках лабораторных исследований.

Результаты исследований и разработки в этой области будут использоваться в процессе регионализации, в соответствии с требованиями стран, импортирующих российские продукты. Материалы, коллекции и иллюстрации, полученные в ходе работы, также

PRA scientific research is unique and is carried out in the Russian Federation only by specialists of the FGBU "VNIICR". PRA is the basis of plant quarantine activities

сопоставимо с показателями соответствующих подразделений ведущих научных учреждений Российской Федерации.

Институт является базовой организацией и признанным лидером среди государств – участников СНГ по подготовке кадров в области карантина растений для агропромышленного комплекса.

Образовательная деятельность активно развивается. Институт включает в свою преподавательскую программу современные цифровые и интерактивные проекты. «Видеопедия. Карантинные вредные объекты» – специальный образовательный проект в области фитосанитарии, обладающий статусом официального электронного учебного пособия в Российской Федерации, в котором визуализируется опыт и результаты работы специалистов в исследовании вредных организмов, изучении биологических особенностей, методах выявления и идентификации. В 2020 г. было подготовлено 72 видеоролика на русском и английском языках.

В выпусках образовательного видеопроекта «Онлайн-практика карантина растений» визуализирована поэтапная подготовка карантинных объектов (вредителей сельскохозяйственных культур) для лабораторных исследований, осуществляемых в соответствии с нормативными документами и оригинальными разработками отечественных ученых. В 2020 г. в рамках проекта в свет вышло 72 видеоролика.

Все подготовленные интерактивные проекты выдвинуты на соискание премии РАН как лучшие работы по популяризации науки 2020 г. Количество оригинальных просмотров на ютуб-канале ФГБУ «ВНИИКР» приближается к 2,5 млн.

В 2020 г. на базе ФГБУ «ВНИИКР» был разработан новый цифровой образовательный проект «Академия карантина растений», который стартовал в мае прошлого года – когда началось обучение первого потока слушателей. Проект предполагает дистанционный формат обучения специалистов с использованием самых современных подходов: профессиональных видеолекций, онлайн-тренингов с преподавателями и самостоятельной работой с раздаточным материалом. Всего за год обучение в рамках данного курса прошли 4 потока слушателей.

Цифровой образовательный видеопроект «Академия карантина растений» номинирован на присвоение статуса учебного пособия в области карантина растений Российской Федерации. За 2020 г. в условиях пандемии на данной платформе прошло обучение более 2 тысяч специалистов.

В целом за 2020 г. около 1400 специалистов повысили квалификацию на курсах и учебных семинарах; более 600 специалистов территориальных



Рис. 1. Рабочий визит в ФГБУ «ВНИИКР» вице-президента РАН И.М. Донник и директора Департамента координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук Министерства науки и высшего образования РФ В.А. Багирова

Fig. 1. Working visit of the Vice-President of the Russian Academy of Sciences I.M. Donnik and Director of the Department for Coordination of Organizations in the Field of Agricultural Sciences of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation V.A. Bagirov to FGBU "VNIICR"

which has the status of an official electronic training manual in the Russian Federation, which visualizes the experience and results of the work of specialists in the study of pests, the study of biological characteristics, methods of detection and identification. In 2020, 72 videos were prepared in Russian and English.

In the episodes of the educational video project "Online Practice of Plant Quarantine", the stage-by-stage preparation of quarantine objects (or pests of agricultural crops) for laboratory research carried out in accordance with regulatory documents and original developments of Russian scientists is visualized. In 2020, 72 videos were released as part of the project.

All the prepared interactive projects were nominated for the Russian Academy of Sciences prize as the best works to popularize science in 2020. The number of original views on the FGBU "VNIICR" YouTube channel is approaching 2.5 million.

In 2020, on the basis of FGBU "VNIICR", a new digital educational project "Plant Quarantine Academy" was developed, which was launched in May last year, when the training of the first stream of students began. The project involves a distance learning format for specialists using the most modern approaches: professional video lectures, online trainings with teachers and independent work with handouts. In just a year, 4 streams of students were trained within this course.

The digital educational video project "Academy of Plant Quarantine" was nominated for the status of a student's book in the field of plant quarantine in the Russian Federation. In 2020, in the context of a pandemic, more than 2 thousand specialists were trained on this platform.



Рис. 2, 3. Научные экспедиции специалистов ФГБУ «ВНИИКР» с целью отбора образцов для выполнения НИР



Fig. 2, 3. Scientific expeditions of specialists of FGBU "VNIKR" to select samples for R&D

управлений Россельхознадзора прошли обучение по теме: «Особо опасные вирусы томата: вирус коричневой морщинистости плодов томата *Tomato brown rugose fruit virus*, вирус бронзовости томата (пятнистого увядания) *Tomato spotted wilt virus* и вирус мозаики пегино *Pepino mosaic virus*».

В 2020 г. в рамках патентной деятельности ФГБУ «ВНИИКР» получен 1 патент на способ получения компонентов феромона американской белой бабочки.

Подано 6 заявок, из них: 4 заявки на получение патента на новый способ синтеза компонентов феромонов насекомых; 1 заявка на получение патента на новый тип ловушки для насекомых и 1 заявка на базу данных «Мониторинг сорных видов растений Пензенской области для обеспечения экспортного потенциала продукции АПК РФ».

Важным практическим результатом научных исследований является подготовка публикаций в отечественных и зарубежных научных журналах и выступления на научных конференциях, что учитывается при проведении оценки научной деятельности ФГБУ «ВНИИКР» экспертами РАН. В 2020 г. сотрудниками учреждения подготовлено 158 научных публикаций, в том числе в ведущих журналах баз Web of Science и Scopus. Необходимо отметить, что основная часть публикаций относится к профильным направлениям деятельности и содержит результаты изучения особенностей карантинных объектов, включая впервые разработанные методы и приемы их диагностики.

ВНИИКР ведет активную работу по расширению интеграции в мировое научное пространство. Специалисты учреждения являются признанными в мировом сообществе экспертами в своей области. В 2020 г. учреждение выполняло функции Секретариата Координационного совета по карантину растений государств – участников СНГ.

ФГБУ «ВНИИКР», как часть национальной организации по карантину и защите растений (НОКЗР),

In general, in 2020, about 1400 specialists improved their qualifications at courses and training seminars; more than 600 specialists of the branches of Rosselkhoznadzor were trained on the topic: "Particularly dangerous tomato viruses: tomato brown rugose fruit virus, Tomato spotted wilt virus and Pepino mosaic virus".

In 2020, within the framework of the patent activity of FGBU "VNIKR", 1 patent was received for a method for obtaining pheromone components of the fall webworm (*Hyphantria cunea*).

There were 6 applications, of which: 4 applications for a patent for a new method of synthesizing insect pheromone components; 1 application for a patent for a new type of trap for insects and 1 application for the database "Monitoring of weed species of Penza Oblast to ensure the export potential of products of the agro-industrial complex of the Russian Federation."

An important practical result of scientific research is the preparation of publications in Russian and international scientific journals and reports at scientific conferences, which is taken into account when assessing the scientific activities of FGBU "VNIKR" by experts of the Russian Academy of Sciences. In 2020, the staff of the Institution prepared 158 scientific publications, including in the leading journals of the Web of Science and Scopus databases. It should be noted that most of the publications refers to specialized areas of activity and contains the results of studying the features of quarantine objects, including the newly developed methods and techniques for their diagnosis.

FGBU "VNIKR" is actively working to expand integration into international academic sphere. The specialists of the institution are recognized in the world community as experts in their field. In 2020, the

делегирует своих специалистов в группы экспертов Европейской и Средиземноморской организации по карантину и защите растений (ЕОКЗР). Участие специалистов в группах экспертов ЕОКЗР по различным направлениям позволяет гармонизировать методы диагностики, используемые в Российской Федерации и в других странах региона ЕОКЗР, а также предложить к включению в диагностические протоколы методы, используемые в лабораториях Россельхознадзора.

Так, например, методы, используемые в методических рекомендациях ФГБУ «ВНИИКР» для 2 карантинных вирусов и 1 вируса, к которому применяются экстренные карантинные фитосанитарные меры, были включены в диагностический протокол ЕОКЗР по группе Тосповирусы, опубликованный в 2020 г. и подготовленный в соавторстве со специалистами ФГБУ «ВНИИКР».

В 2020 г. специалисты учреждения приняли участие в 6 новых проектах, проводимых в рамках Европейской программы по координации фитосанитарных исследований (EUPHRESO) и посвященных грибам, бактериям, вирусам, вириодам и фитоплазмам. Это позволило значительно усовершенствовать молекулярно-генетические методы диагностики трудноидентифицируемых карантинных вредных организмов. Результаты, полученные в рамках исследовательских проектов EUPHRESO, эффективно используются в научной деятельности ФГБУ «ВНИИКР». Важность работы заключается в том, что проекты ведутся в том числе по наиболее актуальным карантинным объектам ЕАЭС и стран – импортеров отечественной сельскохозяйственной продукции, а полученные результаты используются для развития потенциала в сфере карантина растений и позволяют совершенствовать диагностические протоколы и российские нормативные документы по выявлению и идентификации вредных организмов.

Осуществляемое в рамках международных проектов рассмотрение методов борьбы с вредными организмами позволяет применять наиболее эффективные из них для локализации и ликвидации очагов карантинных организмов на территории Российской Федерации. Участие в международных сличительных испытаниях в рамках проектов дает возможность гармонизировать методики и оценить их достоверность и применимость.

Так, в 2020 г., на основании результатов участия в проектах EUPHRESO, в кратчайшие сроки были разработаны временные методические указания по диагностике вируса коричневой морщинистости плодов томата Tomato brown rugose fruit virus. Эти указания были использованы для тестирования подкарантинного материала после введения с 27 июля 2020 г. экстренных фитосанитарных мер в отношении особо опасных вирусов томата.

В 2020 г. проведено

96 научно-исследовательских работ по разработке и совершенствованию методов выявления и идентификации вредных организмов, изучению особенностей развития и оценке их распространения на территории РФ

In 2020, 96 research works (R&D) were carried out to develop and improve methods for the detection and identification of pests, study the developmental characteristics and assess their spreading in the Russian Federation

institution served as the Secretariat of the Coordinating Council on Plant Quarantine of the CIS Member States.

FGBU “VNIICR” as scientific support of the National Plant Protection Organization (NPPO), delegates its experts to the European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) expert groups. Participation of specialists in EPPO expert groups in various areas allows to harmonize diagnostic methods used in the Russian Federation and other countries of the EPPO region, as well as to propose methods used in Rosselkhoz nadzor laboratories for inclusion in diagnostic protocols.

So, the methods used in the methodological recommendation of FGBU “VNIICR” for 2 quarantine viruses and 1 virus to which emergency quarantine phytosanitary measures are applied were included in the EPPO diagnostic protocol for the Tospovirus group, published in 2020 and co-authored with by specialists of FGBU “VNIICR”.

In 2020, the institution’s specialists took part in 6 new projects carried out within the European Program for the Coordination of Phytosanitary Research (EUPHRESO), dedicated to fungi, bacteria, viruses, viroids and phytoplasmas. This made it possible to significantly improve the molecular genetic methods for diagnosing hard-to-identify quarantine pests. The results obtained in the framework of EUPHRESO research projects are effectively used in the scientific activities of FGBU “VNIICR”. The importance of the work lies in the fact that projects are carried out, including for the most relevant quarantine facilities of the EAEU and countries importing Russian agricultural products, and the results obtained are used to develop potential in the field of plant quarantine and allow improving diagnostic protocols and Russian regulatory documents for the detection and identification of pests.

The consideration of pest control methods carried out within the framework of international projects makes it possible to apply the most effective of them for the localization and elimination of outbreaks of quarantine pests in the Russian Federation. Participation in international comparison trials within the framework of projects makes it possible to harmonize methods and assess their reliability and applicability.

So, in 2020, based on the results of participation in EUPHRESO projects, temporary guidelines for the diagnosis of Tomato brown rugose fruit virus were developed. These

Ведущие специалисты ФГБУ «ВНИИКР» в области вирусологии, микологии и энтомологии участвуют в реализации проекта ЕОКЗР по пересмотру сводок «Глобальной базы данных ЕОКЗР» (EPPO global database). В 2020 г. было подготовлено 6 сводок по карантинным вредным организмам, которые уже размещены в EPPO Global Database в разделе Datasheet.

В 2020 г. было проведено 19 туров (раундов) плановых и внеплановых межлабораторных сравнительных испытаний (МСИ) с целью обеспечения контроля качества испытательных лабораторий (ИЛ). В МСИ приняли участие 136 лабораторий, в том числе ИЛ из стран ЕАЭС (Беларусь, Казахстан и Киргизия).

В соответствии с постановлением Правительства РФ от 27.12.2019 № 1875 ФГБУ «ВНИИКР» участвовало в конкурсе, по результатам которого учреждением был получен грант на обновление приборной базы в размере 28,7 млн рублей. Приобретенное в рамках гранта оборудование используется для подготовки усовершенствованных методик для более точной и быстрой диагностики карантинных вредных организмов. По результатам участия в конкурсе заключены новые соглашения о научном сотрудничестве с ведущими научными учреждениями.

Результаты научной деятельности ФГБУ «ВНИИКР» за 2020 г. были положительно оценены Российской академией наук.

В 2021 г. научные подразделения ФГБУ «ВНИИКР» продолжают активную работу по научно-методическому обеспечению деятельности Россельхознадзора, по повышению престижа своих достижений, по расширению интеграции в мировое научное пространство в профильной области деятельности. Будет продолжена работа по развитию кадрового потенциала учреждения и повышению показателей финансовой результативности научной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глоссарий фитосанитарных терминов. 2007. МСФМ № 5, ФАО, Рим.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шнейдер Юрий Андреевич, кандидат биологических наук, и. о. заместителя директора, начальник научно-методического и экспериментального центра, старший научный сотрудник ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская область, Россия; ORCID 0000-0002-7565-1241, e-mail: yury.shneyder@mail.ru.

Копкова Татьяна Анатольевна, научный сотрудник – ученый секретарь ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская область, Россия; e-mail: kopkova_tatyana@vniikr.ru.

Крутов Андрей Викторович, ведущий специалист по взаимодействию с органами государственной власти и СМИ ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская область, Россия; e-mail: andrey156.76@mail.ru.

Каримова Елена Владимировна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научно-методического отдела вирусологии и бактериологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская область, Россия; ORCID 0000-0001-6474-8913, e-mail: elenavkar@mail.ru.

guidelines were used to test regulated articles after the introduction of emergency phytosanitary measures for highly dangerous tomato viruses from July 27, 2020.

The leading specialists of the FGBU “VNIICR” in the field of virology, mycology and entomology are involved in the implementation of the EPPO project to revise the reports of the EPPO global database. 6 Quarantine Pest Datasheets were released in 2020 and are already posted on EPPO Global Database under Datasheet.

In 2020, 19 tours (rounds) of planned and unscheduled interlaboratory comparison tests were carried out in order to ensure quality control of testing laboratories. 136 laboratories took part in the interlaboratory comparison tests, including testing laboratories from the EAEU countries (Belarus, Kazakhstan and Kyrgyzstan).

In accordance with the Decree of the Government of the Russian Federation of December 27, 2019 No. 1875, FGBU “VNIICR” participated in the competition, as a result of which the institution received a grant for updating the instrument base in the amount of 28.7 million rubles. The equipment purchased under the grant is used to prepare improved methods for more accurate and rapid diagnosis of quarantine pests. Based on the results of participation in the competition, new agreements on scientific cooperation were concluded with leading scientific institutions.

The results of the scientific activities of the FGBU “VNIICR” for 2020 were positively assessed by the Russian Academy of Sciences.

In 2021, the scientific departments of FGBU “VNIICR” will continue to work actively on scientific and methodological support of the activities of Rosselkhoz nadzor, to increase the prestige of their achievements, to expand integration into the world academic sphere in the core field of activity. Work will continue to develop the human resources of the institution and improve the financial performance of scientific activities.

REFERENCES

1. Glossary of phytosanitary terms. 2007. ISPM № 5, FAO, Rome.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yuri Shneyder, PhD in Biology, Acting Deputy Director, Head of Research and Methodology and Experimental Center, Leading Researcher, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; ORCID 0000-0002-7565-1241, e-mail: yury.shneyder@mail.ru.

Tatyana Kopkova, Researcher, Academic Secretary, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; e-mail: kopkova_tatyana@vniikr.ru.

Andrei Krutov, Leading Specialist in Interaction with Public Authorities and the Media, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; e-mail: andrey156.76@mail.ru.

Elena Karimova, PhD in Biology, Leading Researcher, Research and Methodology Department of Virology and Bacteriology, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; ORCID 0000-0001-6474-8913, e-mail: elenavkar@mail.ru.

Вредители и болезни лесных биоценозов особо охраняемых природных территорий Республики Карелии

А.А. ЧАЛКИН¹, Д.Ф. ЗИННИКОВ², С.Н. ЛЯБЗИНА³,
О.В. СИНКЕВИЧ⁴

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

^{3,4} Карельский филиал ФГБУ «ВНИИКР», г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

³ Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия

¹ e-mail: chalkin10@ya.ru

² e-mail: vniikr-kareliya@rambler.ru

³ e-mail: slyabzina@petrsu.ru

⁴ e-mail: ovbio@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты четырехлетнего (2017–2020 гг.) исследования фитосанитарного состояния лесных биоценозов особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Республики Карелии. Проведена комплексная научно-исследовательская работа в 2 заповедниках («Кивач» и «Костомукшский») и 2 национальных парках («Водлозерский» и «Паанаярви»). Во всех ООПТ зафиксировано присутствие короеда-типографа *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) с его наибольшей численностью на участках леса с нарушенной устойчивостью (пожарища и ветровалы). Черные усачи рода *Monochamus* Dejean, 1821 также отмечены во всех ООПТ, но наибольшее число видов *M. sutor* (Linnaeus, 1758), *M. urusovi* (Fisch., 1806), *M. galloprovincialis* (Oliv., 1795) зарегистрировано в заповеднике «Кивач» и национальном парке (НП) «Водлозерский». Сибирский шелкопряд *Dendrolimus sibiricus* Tschetw. и непарный шелкопряд *Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758) в исследуемых ООПТ отловлены не были. В древесных пробах хвойных пород ели европейской (*Picea abies*) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в НП «Водлозерский» выявлен слабопатогенный вид стволовой нематоды *Bursaphelenchus mucronatus* (Mamiya & Enda, 1979). Среди микозных болезней отмечено широкое распространение обыкновенного шютте сосны *Lophodermium pinastri* (Schr.) Chev., 1826.

Ключевые слова. Феромонные ловушки, усачи, *Monochamus*, *Ips typographus*, *Bursaphelenchus mucronatus*, микромицеты.

Pests and diseases of forest biocenoses of specially protected natural areas of the Republic of Karelia

A.A. CHALKIN¹, D.F. ZINNIKOV², S.N. LYABZINA³,
O.V. SINKEVICH⁴

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

^{3,4} Karelia Branch of FGBU "VNIICR", Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia

³ Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia

¹ e-mail: chalkin10@ya.ru

² e-mail: vniikr-kareliya@rambler.ru

³ e-mail: slyabzina@petrsu.ru

⁴ e-mail: ovbio@mail.ru

ABSTRACT

The results of a four-year (2017–2020) study of the phytosanitary state of forest biocenoses of specially protected natural areas (SPNA) of the Republic of Karelia are presented. Comprehensive research work was carried out in 2 reserves (Kivach and Kostomukshsky) and 2 national parks (Vodlozersky and Paanajarvi). In all protected areas, the presence of the bark beetle *Ips typographus* (Linnaeus, 1758) was recorded with its largest number in forest areas with disturbed stability (fires and windfalls). Beetles of the genus *Monochamus* Dejean, 1821 are also detected in all protected areas, but the largest number of the species *M. sutor* (Linnaeus, 1758), *M. urusovi* (Fisch., 1806), *M. galloprovincialis* (Oliv., 1795) are registered in the nature reserve "Kivach" and the national park (NP) "Vodlozersky". Siberian silk moth *Dendrolimus sibiricus* Tschetw. and the gypsy moth *Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758) were not detected in the studied SPNAs. In wood samples of coniferous species of European spruce (*Picea abies*) and Scotch pine (*Pinus sylvestris*) in the NP "Vodlozersky" a weakly pathogenic species of pinewood nematode was revealed *Bursaphelenchus mucronatus* (Mamiya & Enda, 1979). Among mycotic diseases, a wide spreading of the needle cast of pine *Lophodermium pinastri* (Schr.) Chev., 1826 is noted.

Keywords. Pheromone traps, capricorn beetle, *Monochamus*, *Ips typographus*, *Bursaphelenchus mucronatus*, micromycetes.

ВВЕДЕНИЕ



Основное предназначение особо охраняемых природных территорий – защита естественных ландшафтов и поддержание экологического баланса (Особо охраняемые природные территории, 2017). В настоящее время в Республике Карелии природно-заповедный фонд включает 114 объектов, из них 7 (заповедники – «Кивач», «Костомукшский», национальные парки – «Паанаярви», «Водлозерский», «Калевальский», зоологические заказники – «Кижский» и «Олонецкий») имеют федеральное значение (Сохранение ценных природных территорий, 2011). В целом площадь ООПТ в Карелии составляет 4,8% (8275,2 км²) от общей по республике, что меньше, чем в прилегающих областях: в Архангельской – 7,3% (42 880,2 км²) и Мурманской – 10,1% (14 634,9 км²) (Сохранение ценных природных территорий, 2011).

В настоящее время на охраняемых территориях Карелии сконцентрированы природные комплексы водных бассейнов и лесных биocenозов, а вытянутость республики в меридиональном направлении, где постепенно сменяются южная, средняя и северная подзоны тайги, лесотундра и тундра, позволяет включать в систему ООПТ разнообразные типы биocenозов. Наиболее многочисленной и разнообразной в таксономическом и экологическом отношении группой являются насекомые, связанные с хвойными породами.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Вредные организмы, которые паразитируют преимущественно на хвойных породах деревьев, выявляли в заповедниках и национальных парках в различных областях Республики Карелии (РК). Изученные приграничные ООПТ («Паанаярви» и «Костомукшский») примыкают к другим охраняемым территориям, что увеличивает общую площадь зоны (табл. 1). На большей части изучаемых территорий сконцентрированы наиболее типичные среднетаежные ландшафты, сохранившиеся в ненарушенном состоянии. К этим участкам относятся и коренные типы леса (ельники и сосняки), сохраняющие биоразнообразие и являющиеся эталонными территориями.

В течение 4 полевых сезонов (май – сентябрь) 2017–2020 гг. исследования проводили в 4 ООПТ РК (рис. 1). В полевых сборах был применен феромониторинг, как эффективный способ учета вредных насекомых (Лебедева и др., 2001), с использованием комплектов ловушек с феромонами производства ФГБУ «ВНИИР». Для сбора материала применялись феромонные ловушки барьерно-ворончатого типа для отлова жесткокрылых – усачей рода *Monochamus*, *Ips typographus* – и дельтовидные ловушки для чешуекрылых – *Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758) и *Dendrolimus sibiricus* Tschetw. Согласно инструкции по применению, ловушки размещали на расстоянии 1,5–2 метра от поверхности лесной подстилки. Сбор насекомых также проводился ручным способом со стволов на поврежденных воздействием абиотических факторов участках леса – ветровалах и гарях (рис. 2).

INTRODUCTION

The main purpose of specially protected natural areas is to protect natural landscapes and maintain an ecological balance (Specially protected natural areas, 2017). Currently, in the Republic of Karelia, the nature reserve fund includes 114 objects, of which 7 (reserves – “Kivach”, “Kostomukshsky”, national parks – “Paanajarvi”, “Vodlozersky”, “Kalevalsky”, zoological reserves – “Kizhi” and “Olonetsky”) are of federal importance (Conservation of valuable natural areas, 2011). In general, the surface of protected areas in Karelia is 4.8% (8275.2 km²) of the total in the republic, which is less than in the adjacent regions: in Arkhangelsk – 7.3% (42,880.2 km²) and Murmansk – 10.1 % (14,634.9 km²) (Conservation of valuable natural areas, 2011).

At present, natural complexes of water basins and forest biocenoses are concentrated in the protected areas of Karelia, and the elongation of the republic in the meridional direction, where the southern, middle and northern subzones of taiga, forest tundra and tundra are gradually replaced, makes it possible to include various types of biocenoses in the system of protected areas. The most numerous and diverse taxonomic and ecological group are insects associated with conifers.

MATERIAL AND METHODS

Pests that colonize mainly on coniferous trees have been detected in reserves and national parks in various regions of the Republic of Karelia. The studied bordering protected areas (Paanajarvi and Kostomukshky) adjoin other protected areas, which increases the total area of the zone (Table 1). Most of the studied territories concentrate the most typical mid-taiga landscapes, preserved in an undisturbed state. These areas also include indigenous forest types (spruce and pine forests) that preserve biodiversity and are reference areas.

During 4 field seasons (May – September) 2017–2020. studies were carried out in 4 protected areas of the Republic of Kazakhstan (Fig. 1). In the field, pheromonitoring was used as an effective method for recording harmful insects (Lebedeva et al., 2001), using sets of pheromone traps produced by FGBU “VNIIR”. To collect the material, pheromone traps of the barrier funnel type were used to capture coleoptera of the genus *Monochamus*, *Ips typographus* and delta traps for Lepidoptera – *Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758) and *Dendrolimus sibiricus* Tschetw. According to the instructions, the traps were placed at a distance of 1.5–2 meters from the surface of the forest floor. The collection of insects was also carried out by hand from the trunks on areas of the forest damaged by the impact of abiotic factors – windblows and burned-out areas (Fig. 2).

To identify pine wood nematodes, fragments of wood (15–30 cm in diameter, up to 20 cm long) of coniferous trees with characteristic features: crown drying, obvious signs of damage to the trunks (larval holes of insects), blue wood (infection by fungi, etc.) were selected. Extraction and identification of nematodes were carried out by the Berman method using PCR diagnostics according

Таблица 1

Общая характеристика исследуемых ООПТ в Республике Карелии

Статус	«Водлозерский» Национальный парк (НП)	«Паанаярви» НП	«Кивач» Государственный природный заповедник (ГПЗ)	«Костомукшский» ГПЗ
Год основания	1991	1992	1931	1983
Район РК	Пудожский	Лоухский	Кондопожский	Муезерский район и Костомукшский городской округ
Включение ООПТ в соседние охраняемые территории	НП «Водлозерский» (Архангельская область)	НП «Оуланка» (Финляндская Республика)	–	НП «Дружба» (Финляндская Республика)
Природная зона	Среднетаежная	Северотаежная	Среднетаежная	Северотаежная
Площадь (га)	Республика Карелия – 127 108 Архангельская область – 341 085 (общая площадь – 468 193)	104 473	10 930,9	49 258,62
Средний возраст лесонасаждений	250–380 лет	350–450 лет	150–190 лет	80–280 лет
Основные типы лесных биоценозов	Лесопокрытые – 51,1%: сосновые – 46,2%, еловые – 50,2%, лиственные – 3,4%	Лесопокрытые – 74,6%: сосновые – 24,02%, еловые – 69,78%, лиственные – 7%	Лесопокрытые – 85,4%: сосновые – 44%, еловые – 32%, ли- ственные – 23%	Лесопокрытые – 60,6%: сосновые – 80,4%, еловые – 19,1%, лиственные – менее 1%

Таблица 1 составлена на основании источников (Ананьев и др., 2010; Сохранение ценных природных территорий, 2011; Особо охраняемые природные территории, 2017; Громцев и др., 2003; Кравченко и др., 2017).

Для выявления стволовых нематод отбирались фрагменты древесины (диаметром 15–30 см, длиной до 20 см) деревьев хвойных пород, имеющих характерные признаки: усыхание кроны, явные признаки поражения стволов (личиночные ходы насекомых), синеву древесины (заражение грибами и пр.). Выделение и идентификация нематод проводились методом Бермана с применением ПЦР-диагностики согласно стандарту ВНИИР (СТО ВНИИР 6.003-2010). Предварительное выявление симптомов возбудителей заболеваний хвой проводили визуальным методом. Дальнейший микологический анализ выполнен методами влажной камеры и выделения на питательную среду. Идентификация грибов производилась путем микроскопирования с использованием определителей (Barnett, Hunter, 1998; Жуков, Гордиенко, 2003).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первопричиной ослабления и гибели хвойных лесов в изучаемом регионе в большинстве случаев являются наличие скоплений ветровальных стволов и переувлажнение. Совокупность этих факторов создает благоприятные условия для развития ксилобионтов и возникновения вспышек численности некоторых опасных вредителей (Жигунов и др., 2007). Так, рост численности короеда-типографа в разное время наблюдался по всей территории РК, а в 2001 г.

to the VNIKR standard (СТО VNIKR 6.003-2010). The preliminary identification of the symptoms of the causative agents of needles diseases was carried out by a visual method. Further mycological analysis was performed by the methods of a moist chamber and isolation on a nutrient medium. Identification of fungi was carried out by microscopy using identifiers (Barnett, Hunter, 1998; Zhukov, Gordienko, 2003).

RESULTS AND DISCUSSION

The primary cause of the weakening and death of coniferous forests in the studied region in most cases is the presence of accumulations of windblown trunks and waterlogging. The combination of these factors creates favorable conditions for the development of xylobionts and the occurrence of outbreaks of the number of some harmful pests (Zhigunov et al., 2007). Thus, an increase in the number of the typographer bark beetles at different times was observed throughout the territory of the Republic of Kazakhstan, and in 2001 the bark beetle sharply increased its number and became a massive factor in the weakening of the condition and drying out of spruce in the NP “Vodlozersky” (Polevoy et al., 2006).

короед резко увеличил свое количество и стал массовым фактором ослабления состояния и усыхания ели в НП «Водлозерский» (Полевой и др., 2006). В период исследований (данные 2018 г.) плотность короёда в местах скоплений валежа парка уже стабилизировалась, и в ловушку попадалось незначительное число особей. Также имаго типографов регистрировали и в других исследуемых ООПТ (табл. 2).

С помощью феромонных ловушек установлены фенологические сроки активного лёта имаго короёда-типографа в заповеднике «Кивач», который в 2019 и 2020 гг. имел одну генерацию с одним сестринским поколением. Начало периода лётной активности типографа отмечено в третью декаду мая, при дневной температуре воздуха +11 °С, а завершение – в первую декаду сентября (рис. 3). За этот период отмечалось 2 максимума численности имаго типографа примерно в одни и те же сроки ежегодно. Первая волна возрастания численности наблюдалась во второй декаде июня, и это связано с поиском кормовых деревьев, образованием семей материнским поколением. Вторая волна зафиксирована в конце второй декады июля, что указывает на образование типографом сестринского поколения. В конце августа короёда-типографа регистрировали в ловушках единично, что предполагает подготовку имаго к зимовке. При осмотре коры отмечали большую часть этих жуков в проделанных ими ходах, других особей типографа находили в почвенной подстилке вместе с кусками опавшей

During the study period (data of 2018), the population density of the bark beetle in the areas of accumulation of dead wood in the park had already stabilized, and a small number of individuals fell into the trap. Also, the imagoes of typographers were recorded in other studied PAs (Table 2).

Using pheromone traps, the phenological periods of active flight of the imagoes of the typographer bark beetles in the Kivach reserve were established, which in 2019 and 2020 had one generation with the sister generation. The beginning of the period of flight activity of the typographer was noted in the third week of May, at a daytime air temperature of +11 °C, and the end – in the first week of September (Fig. 3). During this period, there were two maximums in the number of the typographer's imagoes at approximately the same time every year. The first wave of population growth was observed in the second week of June, and this is due to the search for forage trees, the formation of families by the maternal generation. The second wave was recorded at the end of the second week of July, which indicates the formation of a sister generation by the typographer. At the end of August, the typographer bark beetle was recorded in traps once, which implies the preparation of adults for wintering. When examining the bark, most of these beetles were noted in the galleries they made, other individuals of the typographer were found in the soil litter along with pieces of fallen bark. The typographer bark beetle is widespread within the boundaries of the studied territories in the European part of the Russian Federation. However,

Table 1

General characteristics of the studied protected areas in the Republic of Karelia (RK)

Status	“Vodlozersky” National Park (NP)	“Paanajarvi” NP	“Kivach” State Nature Reserve (SNR)	“Kostomukshsky” SNR
Year of foundation	1991	1992	1931	1983
District of the RK	Pudozhsky	Loukhsky	Kondopozhsky	Muezersky District and Kostomuksha Urban District
Inclusion of protected areas in adjacent protected areas	NP “Vodlozersky” (Arkhangelsk Oblast)	NP “Oulanka” (Republic of Finland)	–	NP “Druzhba” (Republic of Finland)
Natural area	Middle-taiga	North taiga	Middle-taiga	North taiga
Area (ha)	Republic of Karelia –127 108 Arkhangelsk Oblast –341 085 (total area – 468 193)	104 473	10 930.9	49 258.62
Average age of forest stands	250–380 years	350–450 years	150–190 years	80–280 years
The main types of forest biocenoses	Wooded – 51.1%: pine – 46.2%, spruce – 50.2%, deciduous – 3.4%	Wooded – 74.6%: pine – 24.02%, spruce – 69.78%, deciduous – 7%	Wooded – 85.4%: pine – 44%, spruce – 32%, deciduous – 23%	Wooded – 60.6%: pine – 80.4%, spruce – 19.1%, deciduous – less than 1%

Table 1 was compiled on the basis of sources (Ananiev et al., 2010; Conservation of valuable natural areas, 2011; Specially protected natural areas, 2017; Gromtsev et al., 2003; Kravchenko et al., 2017).

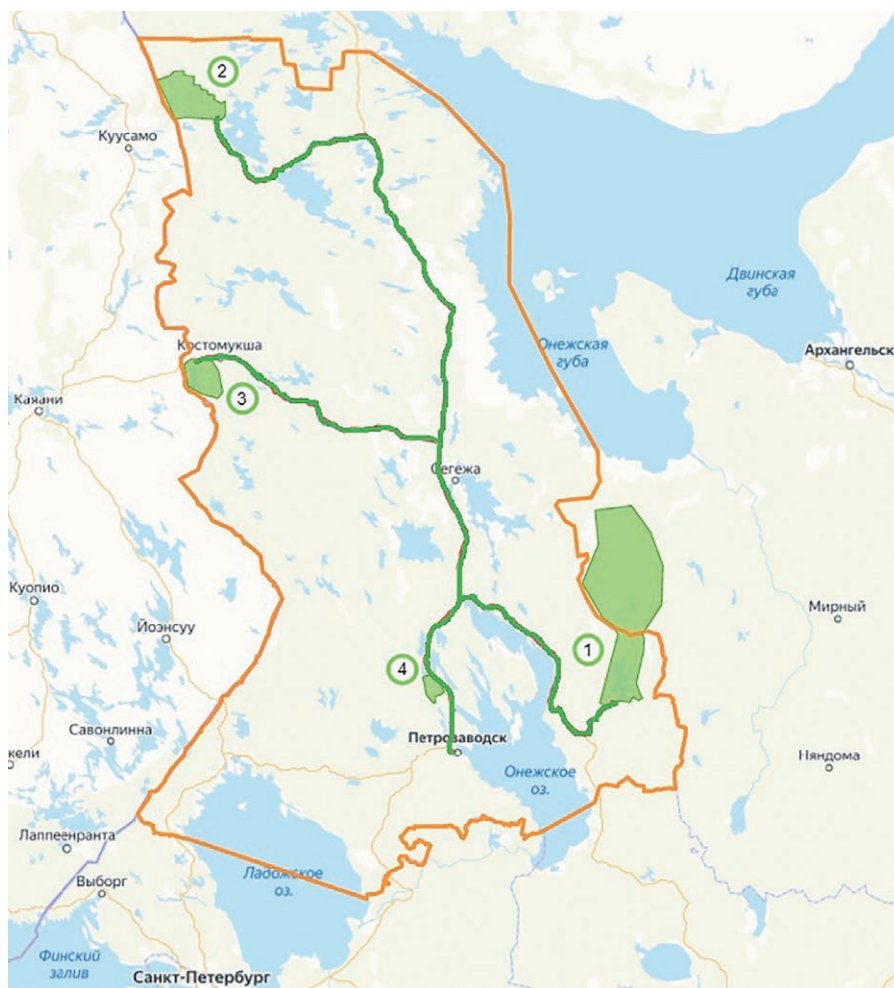


Рис. 1. Расположение исследуемых ООПТ в Республике Карелии и маршрут экспедиций 2017–2020 гг.;
1 – НП «Водлозерский»,
2 – НП «Паанаярви»,
3 – ГПЗ «Костомукшский», 4 – ГПЗ «Кивач»

Fig. 1. Location of the studied PAs in the Republic of Karelia and the route of expeditions 2017–2020;
1 – NP “Vodlozersky”,
2 – NP “Paanajarvi”,
3 – SNR “Kostomukshsky”, 4 – SNR “Kivach”

in the process of international trade or through accidental drift, bark beetles *Ips* spp. can get there from other territories and become adapted. All these factors can negatively affect the state of coniferous stands of the Republic of Kazakhstan (Kulinich et al., 2021).

Mass stem pests include Japanese pine engraver *Tomicus piniperda* (Linnaeus, 1758) and small pine engraver *Tomicus minor* (Hartig, 1834). Typical traces of their damage were recorded on dry and felled pines throughout the study area (small pine engraver makes the beginning of the gallery in the form of a bracket, and Japanese pine engraver – in the form of a hook). On the whole, the pine forests of Karelia are characterized by three types of tree death and their colonization by xylophages (Mozolevskaya et al., 1991). Stem (72%) and butt (25%) types are associated with windblows, pine sponge infestation and excessive moisture. The apical (3%) type is less common, the cause of which is the defeat of pine resin cancer.

Among the stem pests of deciduous trees, damage was most often found in *Scolytus ratzeburgi* Janson, 1856 (birch sapwood). Settlements of birch sapwood are well recognized by round holes in the bark. Under the bark, a longitudinal uterine gallery (about

кору. Короед-типограф широко распространен в границах изучаемых территорий на европейской части РФ. Туда, однако, в процессе международной торговли или посредством случайного заноса могут проникнуть с других территорий и акклиматизироваться короеды *Ips* spp. Все это вместе может негативно влиять на состояние хвойных древостоев РК (Кулинич и др., 2021).

К массовым стволовым вредителям относятся большой *Tomicus piniperda* (Linnaeus, 1758) и малый сосновые лубоеды *Tomicus minor* (Hartig, 1834). Характерные следы от их повреждений регистрировали на сухостое и поваленных соснах по всей территории исследований (у малого лубоеда начало хода – в виде скобки, а у большого – крючкообразное). В целом же для сосняков Карелии характерно 3 типа отмирания деревьев и их заселения ксилофагами (Мозолевская и др., 1991). Стволовый (72%) и комлевой (25%) типы связаны с ветровалами, пораженностью сосновой губкой и избыточным увлажнением. Менее распространен вершинный (3%) тип, причиной возникновения которого является поражение смоляным раком сосны.

Среди стволовых вредителей лиственных пород деревьев чаще всего находили повреждение *Scolytus ratzeburgi* Janson, 1856 (заболонник



Рис. 2. Сбор материала у экологической тропы на вершину г. Кивакка, 2018 г. (фото авторов)

Fig. 2. Collecting material from the ecological trail to the summit of Kivakka, 2018 (photo by the authors)

Таблица 2

Встречаемость жуков в исследуемых ООПТ РК (отловленных феромонными ловушками)

Таксон	Водлозерский	Паанаярви	Кивач	Костомукшский
<i>Ips typographus</i>	+	+	+	+
<i>Monochamus sutor</i>	+	+	+	+
<i>M. galloprovincialis</i>	+	—	+	+
<i>M. urussovi</i>	+	—	+	—

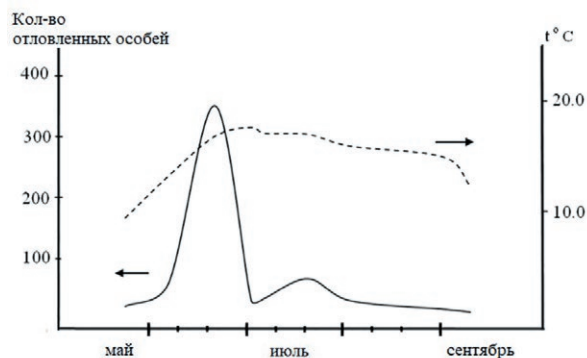


Рис. 3. Динамика лёта жуков короеда-типографа (*Ips typographus*) в еловом древостое заповедника «Кивач» в 2020 г.

Сплошная линия – кривая численности отловленных короедов, пунктирная линия – изотерма; длинная черта на горизонтальной оси – начало месяца.

Fig. 3. Dynamics of the flight of the typographer bark beetle (*Ips typographus*) in the spruce stand of the Kivach reserve in 2020. The solid line is the curve of the number of captured bark beetles, the dotted line is the isotherm; long bar on the horizontal axis – the beginning of the month.

березовый). Поселения заболонника березового хорошо узнаются по круглым отверстиям на коре. Под корой на заболони глубоко отпечатывается продольный маточный ход (длиной около 8 см), личиночные ходы длинные, извилистые, расположены перпендикулярно маточному ходу в толще коры. Заболонник нападает на ослабленные пожаром или свежесваленные стволы берез, диаметром не менее 16 см. Лёт жуков регистрировали в середине июля.

Многие усачи рода *Monochamus* относятся к числу вторичных вредителей леса, заселяющих, как правило, ослабленные и поваленные деревья, необработанные лесоматериалы и порубочные остатки (Исаев и др., 1988). В феромонные ловушки были отловлены 3 вида *Monochamus*, из них *M. sutor* широко распространен по всей территории Республики Карелии (табл. 2), *M. galloprovincialis* и *M. urussovi* встречаются значительно реже. На горях и буреломно-ветровальных участках лесных насаждений очаги массового размножения *Monochamus* нами обнаружены не были.

Усачи рода *Monochamus* представляют угрозу в первую очередь как потенциальные переносчики

8 cm long) is deeply imprinted on the sapwood, the larval galleries are long, meandrous, located perpendicular to the uterine gallery in the thickness of the bark. The sapwood attacks birch trunks weakened by fire or freshly felled with a diameter of at least 16 cm. The flight of beetles was recorded in mid-July.

Many *Monochamus* species are among the secondary forest pests, inhabiting, as a rule, weakened and fallen trees, untreated

timber and felling residues (Isaev et al., 1988). 3 *Monochamus* species were captured in pheromone traps, among them *M. sutor* is widespread throughout the territory of the Republic of Karelia (Table 2), *M. galloprovincialis* and *M. urussovi* can be found quite less often. No *Monochamus* outbreaks were found on burnt-out areas and windbreak and windfall areas of forest plantations.

Monochamus species pose a threat primarily as potential vectors of the pine wood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhner, 1934) Nickle, 1970. Currently, the territory of the Russian Federation is considered free of this nematode species (National Report, 2020). However, a closely related weakly pathogenic species *B. mucronatus* was recorded in the Kivach and Vodlozersky reserves (Table 3, Fig. 4).

Phytoparasitic nematodes (order Rhabditida) were recorded in the trunks and small branches of felled pine trees, where damage by *Monochamus* spp. was visually noted. Free-living nematodes isolated from the studied samples were not taken into account. The population density of *B. mucronatus* in the analyzed samples was insignificant – 1–2 nematodes per wood sample. Laboratory studies have shown that under certain conditions *B. mucronatus* can also cause wilt in conifers, especially when co-infected with pathogenic bacteria (Ryss, Chernetskaya, 2009). The presence of nematodes is also possible in young pines; they are introduced by *Monochamus* spp. during their additional feeding (Akhmatovich, Kotlyarskaya, 2009).

During the period of research on the territories of protected areas, no dangerous species of Lepidoptera were identified: Siberian conifer silk moth (*D. sibiricus*) and gypsy moth (*L. dispar*), however, pheromone traps were attractive to 2 other silkmoth species. Nun moth

Table 2

The occurrence of beetles in the studied PAs of the Republic of Kazakhstan (captured by pheromone traps)

Taxon	Vodlozersky	Paanajärvi	Kivach	Kostomukshsky
<i>Ips typographus</i>	+	+	+	+
<i>Monochamus sutor</i>	+	+	+	+
<i>M. galloprovincialis</i>	+	—	+	+
<i>M. urussovi</i>	+	—	+	—

Таблица 3

Результаты исследования древесных проб в ООПТ РК на наличие фитопаразитических нематод

ООПТ	Порода дерева	Кол-во проб всего/ положительных	Исследованная площадь (га)	Кол-во проб с <i>Bursaphelenchus mucronatus</i>
Кивач	С	30/6	5,6	1
	Е	8/0	1,9	–
Паанаярви	С	21/0	7,57	–
	Е	15/0		–
Водлозерский	С	24/9	4,1	1
Костомукшский	С	14/0	2,1	–
	Е	8/0		–

С – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*); Е – ель сибирская (*Picea obovata*) и ель обыкновенная (*Picea abies*).

Table 3

The results of the study of wood samples in the protected areas of the Republic of Kazakhstan for the presence of phytoparasitic nematodes

Protected areas	Wood species	Total/ Positive Samples	Investigated area (ha)	Number of samples with <i>Bursaphelenchus mucronatus</i>
Kivach	A	30/6	5.6	1
	B	8/0	1.9	–
Paanajärvi	A	21/0	7.57	–
	B	15/0		–
Vodlozersky	A	24/9	4.1	1
Kostomukshsky	A	14/0	2.1	–
	B	8/0		–

A – Scotch pine (*Pinus sylvestris*); B – Siberian spruce (*Picea obovata*) and European spruce (*Picea abies*).

сосновой стволовой нематоды *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhner, 1934) Nickle, 1970. В настоящее время территория РФ считается свободной от этого вида нематоды (Национальный доклад, 2020). Однако в заповедниках «Кивач» и «Водлозерский» зарегистрировали близкородственный слабопатогенный вид *B. mucronatus* (табл. 3, рис. 4).

(*Lymantria monacha* (Linnaeus, 1758)) was recorded in traps on the territory of the Kivach nature reserve, and pine lappet moth (*Dendrolimus pini* (Linnaeus, 1758)) – in the Kostomukshsky nature reserve. For the Republic of Karelia, there is currently a threat of introduction of dangerous species of silkmooths due to their introduction into the territory of the European part of the Russian Federation (Meshcherikov, 2018; Yasyukevich et al., 2019). As for mycopathogens, in all the studied areas of the protected areas, the most often recorded damage to pine needles by needle cast of pine *Lophodermium pinastri* (Schröd.) Chev. and the browning of its needles caused by *Rhizosphaera* sp. (Table 4).

Almost all of the surveyed pines showed signs of damage (spotting, yellowing, drying out) by various fungal pathogens,



Рис. 4. Древесная нематода *Bursaphelenchus mucronatus*: а – самец, хвостовая часть; б – самка, хвостовой конец с мукро (фото Е.Н. Арбузовой)



Fig. 4. Pine wood nematode *Bursaphelenchus mucronatus*: а – male, tail; б – female, tail end with mucro (photo by E.N. Arbuzova)

Таблица 4

Встречаемость микромицетов на хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в исследуемых ООПТ РК

Таксон	Водлозерский	Паанаярви	Кивач	Костомукшский
<i>Lophodermium pinastri</i>	+	+	+	+
<i>Rhizosphaera</i> sp.	+	+	+	+
<i>Hypodermella sulcigena</i>	+	–	–	–
<i>Phoma</i> spp.	+	–	+	+
<i>Cladosporium</i> sp.	+	–	+	+
<i>Alternaria</i> sp.	+	–	+	+
<i>Epicoccum nigrum</i>	+	–	–	+

Фитопаразитических нематод (отряд Rhabditiida) регистрировали в стволах и небольших ветках поваленных сосен, где визуально отмечены повреждения усачами *Monochamus*. Свободноживущих нематод, выделенных из изучаемых образцов, не учитывали. Плотность популяции *B. mucronatus* в анализируемых пробах была незначительной – 1–2 нематоды на образец древесины. Как показали лабораторные исследования, при определенных условиях *B. mucronatus* также может вызывать вилт хвойных, особенно при совместном заражении с патогенными бактериями (Рысс, Чернецкая, 2009). Присутствие нематод возможно и в молодых соснах, они заносятся усачами *Monochamus* во время их дополнительного питания (Ахматович, Котлярская, 2009).

За период исследований на территориях ООПТ не были выявлены опасные виды чешуекрылых: сибирский шелкопряд (*D. sibiricus*) и непарный шелкопряд (*L. dispar*), однако феромонные ловушки были привлекательны для 2 других видов шелкопрядов. Шелкопряда-монашенку (*Lymantria monacha* (Linnaeus, 1758)) фиксировали в ловушках на территории заповедника «Кивач», а соснового шелкопряда (*Dendrolimus pini* (Linnaeus, 1758)) – в заповеднике «Костомукшский». Для Республики Карелии в настоящее время существует угроза проникновения опасных видов шелкопрядов из-за их экспансии на территорию европейской части РФ (Мещеринов, 2018; Ясюкевич и др., 2019).

Что касается микопатогенов, то на всех исследуемых территориях ООПТ чаще всего регистрировали поражение хвои сосны обыкновенной шютте *Lophodermium pinastri* (Schröd.) Chev. и побурение ее хвои, вызванное *Rhizosphaera* sp. (табл. 4).

Практически все обследованные сосны имели признаки поражения (пятнистости, пожелтение, усыхание) различными грибными патогенами, что связано с условиями

which is associated with conditions of increased moisture. Spruce needle rust *Chrysomyxa ledi* de Bary was detected on spruce needles (Fig. 5). This pathogen causes the needles to fall, which is especially reflected in the undergrowth, causing it to weaken, and often dry out. *Chrysomyxa ledi* belongs to various fungi with a full development cycle: the etsiostadia develops on the needles of spruce, the uredinio- and telios stages take place on the wild rosemary (Gorbunova, 2003).

A symptom of needle cast of pine is spotting on the needles and drying out. *Lophodermium pinastri* Chev. poses a special threat

for 2–3-year-old pine seedlings, which, having completely lost their needles, can dry out. The fungus is not dangerous for the life of mature trees; however, severe damage negatively affects growth (Krutov et al., 2014).

CONCLUSION

The analysis of the complex of entomological, mycological and helminthological studies of the state of forest biocenoses of specially protected natural areas of the Republic of Karelia shows a low degree of phytosanitary threat for all protected areas. This is due to the insignificant population density of forest pests and pathogens, which minimizes the risks of massive suppression of the stand due to their low activity, and a moderate anthropogenic load in the studied territories allows preserving the natural development of forest biocenoses.

Acknowledgement. The authors are grateful for the help in data analysis to the staff of the laboratory of the Karelian Branch of FGBU “VNIKR”, the staff of the Research and Methodology Department of Mycology and Helminthology of the FGBU “VNIKR”, the staff of the Research Department of Molecular Genetic Diagnostic

Table 4

The occurrence of micromycetes on the needles of Scotch pine (*Pinus sylvestris*) in the studied PAs of the Republic of Kazakhstan

Taxon	Vodlozersky	Paanajärvi	Kivach	Kostomukshsky
<i>Lophodermium pinastri</i>	+	+	+	+
<i>Rhizosphaera</i> sp.	+	+	+	+
<i>Hypodermella sulcigena</i>	+	–	–	–
<i>Phoma</i> spp.	+	–	+	+
<i>Cladosporium</i> sp.	+	–	+	+
<i>Alternaria</i> sp.	+	–	+	+
<i>Epicoccum nigrum</i>	+	–	–	+



Рис. 5. Ржавчина хвои ели (увеличение в 200 и 400 раз) (фото О.В. Синкевич)



Fig. 5. Spruce needle rust (magnification 200 and 400 times) (photo by O. V. Sinkevich)

повышенного увлажнения. На хвое ели была выявлена ржавчина *Chrysomyxa ledi* de Bary (рис. 5). Этот патоген вызывает опадение хвои, что особенно сильно отражается на подросте, вызывая его ослабление, а нередко и усыхание. *Chrysomyxa ledi* принадлежит к разнохозяйным грибам с полным циклом развития: эциостадия развивается на хвое ели, уредино- и телиостадии проходят на багульнике (Горбунова, 2003).

Признаком заболевания обыкновенным шютте сосны служат пятнистость на хвое и ее усыхание. *Lophodermium pinastri* Chev. представляет особую опасность для 2–3-летних сеянцев сосны, которые, полностью лишившись хвои, могут засохнуть. Для жизни взрослых деревьев гриб не опасен, однако сильное повреждение отрицательно сказывается на приросте (Крутов и др., 2014).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ проведенного комплекса энтомологических, микологических и гельминтологических исследований состояния лесных биоценозов особо охраняемых природных территорий Республики Карелии показывает низкую степень фитосанитарной угрозы для всех ООПТ. Это связано с незначительной плотностью вредителей леса и патогенов, что минимизирует риски массового угнетения древостоя ввиду их низкой активности, а умеренная антропогенная нагрузка на исследуемых территориях позволяет сохранить естественное развитие лесных биоценозов.

Благодарность. Авторы благодарны за помощь в анализе данных сотрудникам лаборатории Карельского филиала ФГБУ «ВНИИКР», сотрудникам научно-методического отдела микологии и гельминтологии ФГБУ «ВНИИКР», сотрудникам научного отдела молекулярно-генетических методов диагностики ФГБУ «ВНИИКР»; за сбор материала и его обработку студентам Петрозаводского государственного университета. Выражаем признательность за содействие в проведении экспедиций

Methods of FGBU «VNIICR» for collecting material and processing it to students of Petrozavodsk State University. We express our gratitude for the assistance in conducting expeditions to the administration and employees of the national parks and reserves of the Republic of Karelia where the research was carried out.

REFERENCES

1. Ananiev V., Raevsky B. Methodological manual for the organization and conduct of forest monitoring in specially protected natural areas of the North-West of Russia (the case of NP «Vodlozerskiy») [Metodicheskoye posobiye po organizatsii i vedeniyu lesnogo monitoringa na osobo okhranyayemykh prirodnikh territoriyakh Severo-Zapada Rossii (na primere NP «Vodlozerskiy»)]. Institute of Forests, KarRC RAS, etc. 2010, 35 p. (in Russian).
2. Akhmatovich N., Kotlyarskaya O. Black coniferous insect vector – potential carriers pathogenic wood nematode [Chernyye khvoynnye usachi – potentsialnyye perenoschiki patogennykh drevesnykh nematod]. *Izvestia Sankt-Peterburgskoy Lesotekhnicheskoy Akademii*. SPb.: SPbGLTA, 2009; 187: 26–32 (in Russian).
3. Gorbunova V. Rust fungi parasitizing common spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) In North-West Russia: abstract dis. ... candidate of biological sciences: 06.01.11 [Rzhavchinnyye griby, parazitiruyushchiye na yeli obyknovennoy (*Picea abies* (L.) Karst.) na Severo-Zapade Rossii]. All-Russian Research Institute of Plant Protection RAAS. St. Petersburg, 2003. 19 p. (in Russian).
4. Gromtsev A., Litinsky P. Forests of the Paanajarvi national park area: natural features, current state, planning of forest use [Lesnaya zona natsionalnogo parka 'Paanajarvi': prirodnyye osobennosti, sovremennoye sostoyaniye, planirovaniye ispolzovaniya]. *Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences*. 2003; 3: 15–19 (in Russian).
5. Zhigunov A., Semakova A., Shabunin A. Massive drying up of forests in the North-West of Russia. Forest biological research in the North-West of the taiga zone of Russia: Results and prospects [Massovoye usykhaniye lesov na Severo-Zapade Rossii. Lesobiologicheskoye issledovaniye na Severo-Zapade tayezhnoy zony Rossii: Itogi i perspektivy]. Petrozavodsk, KarRC RAS. 2007; 42–52 (in Russian).
6. Zhukov A., Gordienko P. Scientific and methodological guide for the diagnosis of fungal diseases of forest trees and shrubs [Nauchno-metodicheskoye posobiye po diagnostike gribnnykh bolezney lesnykh derev'yev i kustarnikov]. M.: VNIILM, 2003, 123 p. (in Russian).
7. Isaev A., Rozhkov A., Kiselev V. White mottled sawyer *Monochamus urussovi* (Fisch.) [Chernyy

администрации и сотрудникам национальных парков и заповедников Республики Карелии, где проводились исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананьев В., Раевский Б. Методическое пособие по организации и ведению лесного мониторинга на особо охраняемых природных территориях Северо-Запада России (на примере НП «Водлозерский»). Ин-т леса КарНЦ РАН и др., 2010, 35 с.
2. Ахматович Н., Котлярская О., 2009. Черные хвойные усачи – потенциальные переносчики патогенных древесных нематод. – Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – СПб.: СПбГЛТА, № 187: 26–32.
3. Горбунова В., 2003. Ржавчинные грибы, паразитирующие на ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karst.) на Северо-Западе России: автореферат дис. ... кандидата биологических наук: 06.01.11 / Всероссий. науч.-исслед. ин-т защиты растений РАСХН. – Санкт-Петербург, 19 с.
4. Громцев А., Литинский П., 2003. Леса района национального парка «Паанаярви»: природные особенности, современное состояние, планирование использования. – Труды Карельского научного центра Российской академии наук, № 3: 15–19.
5. Жигунов А., Семакова А., Шабунин А., 2007. Массовое усыхание лесов на Северо-Западе России. Лесобиологические исследования на Северо-Западе таежной зоны России: Итоги и перспективы. Петрозаводск, КарНЦ РАН, 2007, 42–52.
6. Жуков А., Гордиенко П. Научно-методическое пособие по диагностике грибных болезней лесных деревьев и кустарников. М: ВНИИЛМ, 2003, 123 с.
7. Исаев А., Рожков А., Киселев В. Черный пихтовый усач *Monochamus urusovi* (Fisch.). Новосибирск: Наука, 1988, 396 с.
8. Кравченко А., Майорова Л., Сиккыла Н., Раймо Х., 2017. Дополнения и уточнения к флоре заповедника «Костомукшский» (Республика Карелия). – Труды Карельского научного центра Российской академии наук, № 1: 3–16.
9. Крутов В., Шубин В., Предтеченская О., Руоколайнен А., Коткова В., Полевой А., Хумала А., Яковлев Е. Грибы и насекомые – консорты лесообразующих древесных пород Карелии / отв. ред. А.В. Полевой. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2014. 216 с.
10. Кулинич О., Ряскин Д., Чалкин А., Шаммаев А., Штапова Н., Арбузова Е., 2021. Короеды (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) и их карантинное фитосанитарное значение при экспорте и импорте лесной продукции. – Фитосанитария и карантин растений, № 1 (5): 11–23.
11. Лебедева К., Вендило Н., Плетнев В., 2001. Феромоны в защите лесов от вредителей. – Российский центр защиты леса. ГОУ ВПО МГУЛ. Восточно-палеарктическая секция Международной организации биологической борьбы. – Пушкино, 51–59.
12. Мещериков А., 2018. Анализ современных границ ареала сибирского шелкопряда в Европейской части России. – Чтения памяти Андрея Игнатьевича Ильинского: сб. докладов, 51–60.
13. Мозолевская Е., Галасьева Т., Чемерис М., 1991. Видовой состав и особенности распространения насекомых-ксилофагов в заповеднике «Кивач». В кн.: Энтомологические исследования в заповеднике «Кивач». – Петрозаводск, 78–101.
14. pikhtovyy usach *Monochamus urusovi* (Fisch.). Novosibirsk: Nauka, 1988; 396 p. (in Russian).
15. Kravchenko A., Mayorova L., Sikkilya N., Raimo H. Additions to and revisions of the vascular plant flora of the Kostomukshsky Strict Nature Reserve (Republic of Karelia) [Dopolneniya i utochneniya k flore zapovednika “Kostomukshskiy”] (Respublika Kareliya)]. *Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences*, 2017; 1: 3–16 (in Russian).
16. Krutov V., Shubin V., Predtechenskaya O., Ruokolainen A., Kotkova V., Polevoy A., Humala A., Yakovlev E. Fungi and insects – consorts of forest-forming tree species of Karelia [Griby i nasekomye – konsorty lesoobrazuyushchikh drevesnykh porod Karelii]. Ed. A.V. Polevoy. Petrozavodsk: KarRC RAS. 2014; 216 p. (in Russian).
17. Kulinich O., Ryaskin D., Chalkin A., Shamaev A., Shtapova N., Arbuzova E. Bark beetles (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) and their quarantine phytosanitary importance for exporting and importing forest products [Koroyedy (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) i ikh karantinnoye fitosanitarnoye znachenie pri eksporte i importe lesnoy produktsii]. *Plant Health and Quarantine*, 2021; 1 (5): 11–23 (in Russian).
18. Lebedeva K., Vendilo N., Pletnev V. Pheromones in the protection of forests from pests. – Russian Center for Forest Protection [Feromony v zashchite lesov ot vreditel'ey. – Rossiyskiy tsentr zashchity lesa]. GOU VPO MGUL. East Palaearctic Section of the International Biological Control Organization. Pushkino. 2001; 51–59 (in Russian).
19. Meshcherikov A. Analysis of the modern boundaries of the Siberian conifer silk moth area in the European part of Russia [Analiz sovremennykh granits areala sibirskogo shelkopryada v Yevropeyskoy chasti Rossii]. Readings in memory of Andrei Ignatievich Ilyinsky: collection of reports. 2018; 1–60 (in Russian).
20. Mozolevskaya E., Galasyeva T., Chemeris M. Species composition and distribution of xylophagous insects in the Kivach nature reserve [Vidovoy sostav i osobennosti rasprostraneniya nasekomykh-ksilofagov v zapovednike ‘Kivach’]. In: Entomological research in the Kivach nature reserve. Petrozavodsk, 1991; 78–101 (in Russian).
21. National report on the quarantine phytosanitary state of the territory of the Russian Federation in 2019 [Natsionalniy doklad o karantinnom fitosanitarnom sostoyanii territorii Rossiyskoy Federatsii v 2019 godu]. *Plant Protection and Quarantine*, 2020; 77: 9–19 (in Russian).
22. Specially protected natural areas of the Republic of Karelia [Osobo okhranyayemye prirodnyye territorii Respubliki Kareliya]. Petrozavodsk. 2017; 432 p. (in Russian).
23. Polevoy A., Shcherbakov A., Humala A. et al. An outbreak of the bark beetle (*Ips typographus* L.) as one of the consequences of a massive windblow in the Vodlozersky National Park [Vspyshka koroyeda-tipografa (*Ips typographus* L.) kak odno iz posledstviy massovogo vetrovala v Natsional'nom parke ‘Vodlozerskiy’]. *Vodlozero Readings: Natural Science and Humanitarian Foundations of Environmental, Scientific and*

14. Национальный доклад о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации в 2019 году. – Защита и карантин растений, 2020, № 77: 9–19.

15. Особо охраняемые природные территории Республики Карелия. Петрозаводск. 2017, 432 с.

16. Полевой А., Щербаков А., Хумала А. и др., 2006. Вспышка короеда-типографа (*Ips typographus* L.) как одно из последствий массового ветровала в Национальном парке «Водлозерский». – Водлозерские чтения: Естественнонаучные и гуманитарные основы природоохранной, научной и просветительской деятельности на охраняемых природных территориях Русского Севера. – Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 96–102.

17. Рысс А., Чернецкая А., 2009. Цикл развития *Bursaphelenchus mucronatus* (Mamiya & Enda, 1979) (Nematoda: Aphelenchida). – Паразитология, Т. 43, № 3: 206–224.

18. Сохранение ценных природных территорий Северо-Запада России. Анализ репрезентативности сети ООПТ Архангельской, Вологодской, Ленинградской и Мурманской областей, Республики Карелия, Санкт-Петербурга. Под ред. Кобякова К. СПб., 2011, 506 с.

19. СТО ВНИИКР 6.003-2010 «Сосновая стволовая нематода *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhrer) Nickle. Методы выявления и идентификации».

20. Ясюкевич В. и др., 2019. Оценки региональной уязвимости лесного хозяйства субъектов Российской Федерации под влиянием ожидаемого в XXI веке изменения климата в отношении непарного шелкопряда и шелкопряда-монашенки (*Lymantria dispar* L. и *Lymantria monacha* L., Erebidae, Lepidoptera). – Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, Т. 30, № 2: 15–32.

21. Barnett H., Hunter B., 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. – American Phytopathological Society. APS Press. 218 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чалкин Андрей Андреевич, младший научный сотрудник отдела лесного карантина ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; e-mail: chalkin10@ya.ru.

Зинников Денис Федорович, первый заместитель директора ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; e-mail: vniikr-kareliya@rambler.ru.

Лябзина Светлана Николаевна, доктор биологических наук, младший научный сотрудник Карельского филиала ФГБУ «ВНИИКР», доцент Петрозаводского государственного университета, г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия; e-mail: slyabzina@petrsu.ru.

Синкевич Ольга Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник Карельского филиала ФГБУ «ВНИИКР», г. Петрозаводск, Республика Карелия, Россия; e-mail: ovbio@mail.ru.

Educational Activities in Protected Natural Areas of the Russian North. Petrozavodsk: Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences, 2006; 96–102 (in Russian).

17. Ryss A., Chernetskaya A. Life-Cycle of *Bursaphelenchus Mucronatus* Mamiya Et Enda, 1979 (Nematoda: Aphelenchida) [Tsikl razvitiya *Bursaphelenchus mucronatus* (Mamiya & Enda, 1979) (Nematoda: Aphelenchida)]. *Parasitology*. 2009; 43, 3: 206–224 (in Russian).

18. Conservation of valuable natural areas of the North-West of Russia. Analysis of the representativeness of the network of protected areas of the Arkhangelsk, Vologda, Leningrad and Murmansk regions, the Republic of Karelia, St. Petersburg [Sokhraneniye tsennykh prirodnikh territoriy Severo-Zapada Rossii. Analiz reprezentativnosti seti OOPT Arkhangel'skoy, Vologodskoy, Leningradskoy i Murmanskoy oblastey, Respubliki Kareliya, Sankt-Peterburga]. Ed. Kobayakov K. SPb. 2011; 506 p. (in Russian).

19. СТО ВНИИКР 6.003-2010 «Pine wood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhrer) Nickle. Detection and Identification Methods» [Sosnovaya stvolovaya nematoda *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhrer) Nickle. Metody vyyavleniya i identifikatsii] (in Russian).

20. Yasyukevich V. et al. Assessments of the regional vulnerability of forestry in the constituent entities of the Russian Federation under the influence of climate change expected in the 21st century in relation to the gypsy moth and the nun silkworm (*Lymantria dispar* L. and *Lymantria monacha* L., Erebidae, Lepidoptera) [Otsenki regional'noy uyazvimosti lesnogo khozyaystva subyektov Rossiyskoy Federatsii pod vliyaniyem ozhidayemogo v XXI veke izmeneniya klimata v otnoshenii neparnogo shelkopryada i shelkopryada-monashenki]. *Problems of ecological monitoring and modeling of ecosystems*. 2019; 30, 2: 15–32 (in Russian).

21. Barnett H., Hunter B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. *American Phytopathological Society*. APS Press. 218 p.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Andrey Chalkin, Junior Researcher, Department of Forest Quarantine, FGBU «VNIICR», Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; e-mail: chalkin10@ya.ru.

Denis Zinnikov, first deputy director of FGBU «VNIICR», Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; e-mail: vniikr-kareliya@rambler.ru.

Svetlana Lyabzina, Advanced Doctor in Biology, Junior Researcher of Karelia Branch of FGBU «VNIICR», Associate Professor of Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia; e-mail: slyabzina@petrsu.ru.

Olga Sinkevich, PhD in Agriculture, Researcher, Karelia Branch of FGBU «VNIICR», Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russia; e-mail: ovbio@mail.ru.

Вироид латентной мозаики персика – опасный патоген плодовых культур

Ю.Н. ПРИХОДЬКО¹, Т.С. ЖИВАЕВА²,
Е.Н. ЛОЗОВАЯ³, Ю.А. ШНЕЙДЕР⁴,
Е.В. КАРИМОВА⁵

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

¹ e-mail: prihodko_yuri59@mail.ru

² e-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru

³ e-mail: evgeniyaf@mail.ru

⁴ ORCID 0000-0002-7565-1241,
e-mail: yury.shneyder@mail.ru

⁵ ORCID 0000-0001-6474-8913,
e-mail: elenavkar@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Вироид латентной мозаики персика (PLMVd) включен в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза. Вироид заражает косточковые плодовые культуры, вызывая значительные потери урожая. PLMVd длительное время считался монофагом, заражающим лишь персик, однако затем был выявлен на большинстве других косточковых плодовых культур, а также на груше. Вироид распространяется с зараженным посадочным материалом, легко переносится прививкой зараженными черенками или почками и очень часто – контаминированным инструментом при обрезке и прививке растений.

Ключевые слова. Peach latent mosaic viroid, PLMVd, кольцевая РНК, изоляты, симптомы, род *Pelamoviroid*.

ВВЕДЕНИЕ

Блезнь под нынешним названием «латентная мозаика персика» была впервые описана в 1976 г. во Франции по результатам тестирования на индикаторном клоне персика GF-305 различных сортообразцов персика, происходящих из США и Японии (J.C. Desvignes, 1976). Название вириода произошло от особенностей его биологии, а именно – длительного (до 5–7 лет) латентного периода на молодых зараженных растениях. Наличие столь длительного латентного периода затрудняет выявление вириода по симптомам и обуславливает возможность его широкого распространения с латентно зараженными растениями. PLMVd является

Peach latent mosaic viroid – dangerous pathogen of fruit crops

YU.N. PRIKHODKO¹, T.S. ZHIVAEVA²,
E.N. LOZOVAYA³, YU.A. SHNEYDER⁴,
E.V. KARIMOVA⁵

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

¹ e-mail: prihodko_yuri59@mail.ru

² e-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru

³ e-mail: evgeniyaf@mail.ru

⁴ ORCID 0000-0002-7565-1241,
e-mail: yury.shneyder@mail.ru

⁵ ORCID 0000-0001-6474-8913,
e-mail: elenavkar@mail.ru

ABSTRACT

Peach latent mosaic viroid (PLMVd) is included in the Common List of Quarantine Objects of the Eurasian Economic Union. The viroid infects stone fruit crop, causing significant crop losses. For a long time PLMVd was considered a monophage infecting only peach, but then it was detected on most other stone fruit crops, as well as on the pear. The viroid spreads with contaminated planting material, is easily tolerated by grafting with contaminated cuttings or buds, and very often by contaminated tools when pruning and grafting plants.

Keywords. Peach latent mosaic viroid, PLMVd, circular RNA, isolates, symptoms, genus *Pelamoviroid*.

INTRODUCTION

The disease under the current name “peach latent mosaic” was first described in 1976 in France based on the results of testing on the indicator peach clone GF-305 of various peach cultivars originating from the USA and Japan (J.C. Desvignes, 1976). The name of the viroid comes from the peculiarities of its biology, namely, a long (up to 5–7 years) latency period on young infected plants. Such a long latency period makes it difficult to identify the viroid by symptoms and makes

вредоносным патогеном персика и других косточковых плодовых культур, вызывающим снижение качества и количества плодов и постепенное вырождение деревьев. Согласно единым карантинным фитосанитарным требованиям ЕАЭС посадочный материал персика и миндаля должен происходить из зон, свободных от PLMVd (Решение Совета ЕЭК от 30 ноября 2016 г. № 157).

ОБЗОРНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вироиды были открыты Т.О. Динером в 1971 г. Он же предложил термин «вириод». Вироиды являются патогенами растений. Вироиды – инфекционные агенты, представляющие собой ковалентную замкнутую кольцевую РНК, которая содержит от 246 до 467 нуклеотидов. Эта РНК имеет отчетливо выраженную вторичную структуру. Не менее двух третей оснований в составе РНК вириодов может быть спарено за счет комплементарных взаимодействий, приводящих к образованию участков из двойной спирали и небольших петель из неспаренных нуклеотидов, или шпилек. Сложная вторичная структура обеспечивает защиту вириода от нуклеаз клетки. Вироидная РНК не кодирует белки. Репликация осуществляется клеточным ферментом – ДНК-зависимой РНК-полимеразой. Механизм репликации вириодов осуществляется по принципу «катящегося кольца» (rolling circle). РНК несет всю информацию о специфичности хозяина: о биологическом цикле, инфекции, репликации, внутри- и межклеточном движении, преодолении защиты растения и новом цикле инфекции. Многочисленные вторичные и третичные структурные элементы имеют решающее значение для всех функций вириода. Часто проявление симптомов является результатом взаимодействия с растением-хозяином.

Вироиды подразделяются на 2 основных семейства: *Pospiviroidae*, которые реплицируются посредством механизма асимметричного «катящегося кольца» в ядре, и *Avsunviroidae*, которые реплицируются в хлоропластах посредством механизма симметричного «катящегося кольца» (F. Di Serio et al., 2017).

Вироид латентной мозаики персика (Peach latent mosaic viroid, PLMVd) является типовым представителем рода *Pelamoviroid* семейства *Avsunviroidae*. В настоящее время этот патоген распространен в 33 странах Европы, Азии, Африки, Америки и Океании (EPPO, 2021). Информация о выявлении этого вириода в Российской Федерации отсутствует.

PLMVd представляет собой бескапсидную кольцевую одноцепочечную РНК, локализованную в клетках инфицированных растений, которая не выявляется даже при использовании электронного микроскопа. В зависимости от изолята, РНК PLMVd состоит из 335–351 нуклеотида. Вторичная структура РНК PLMVd имеет сложное разветвленное строение и содержит последовательности, участвующие в создании рибозимных структур в форме головки молота (Hammerhead), необходимых для саморасщепления цепей РНК, что характерно для представителей семейства *Avsunviroidae* (C. Hernández, R. Flores, 1992; A. Shamloul et al., 1995; S. Ambrós et al., 1998; R. Flores et al., 1998) (рис. 1).

У типовых изолятов PLMVd, выявленных на персике, геном чаще всего состоит из

it possible for its wide spreading with latently infected plants. PLMVd is a harmful pathogen of peach and other stone fruit crops, causing a decrease in the quality and quantity of fruits and the gradual degeneration of trees. According to the Common Quarantine Phytosanitary Requirements of the EAEU, planting material for peaches and almonds must come from zones free from PLMVd (Decision of the EEC Council of November 30, 2016 No. 157).

OVERVIEW

Viroids were discovered by T.O. Diner in 1971, he also proposed the term “viroid”. Viroids are plant pathogens. Viroids are infectious agents, which are covalent closed circular RNA, which contains from 246 to 467 nucleotides. This RNA has a distinct secondary structure. At least two-thirds of the bases in the RNA of viroids can be paired due to complementary interactions, leading to the formation of sections from a double helix and small loops of unpaired nucleotides, or hairpins. The complex secondary structure protects the viroid from cell nucleases. Viroid RNA does not encode proteins. Replication is carried out by a cellular enzyme – DNA-dependent RNA polymerase. The viroid replication mechanism is based on the principle of the rolling circle. RNA carries all the information about the specificity of the host: about the biological cycle, infection, replication, intra- and intercellular movement, overcoming the plant’s defense and a new cycle of infection. Numerous secondary and tertiary structural elements are critical to all viroid functions. Symptoms are often the result of interactions with the host plant.

Viroids are divided into 2 main families: *Pospiviroidae*, which replicate through the asymmetric rolling circle mechanism in the nucleus, and *Avsunviroidae*, which replicate in chloroplasts through the symmetric “rolling circle” mechanism (F. Di Serio et al., 2017).

Peach latent mosaic viroid (PLMVd) is a typical representative of the genus *Pelamoviroid* of the family *Avsunviroidae*. Currently, this pathogen is spread in 33 countries in Europe, Asia, Africa, America and Oceania (EPPO, 2021). There is no information on the detection of this viroid in the Russian Federation.

PLMVd is a circular single-stranded RNA without capsid (protein coating) localized in the cells of infected plants that is not detectable even when using an electron microscope. Depending on the isolate, PLMVd RNA consists of 335–351 nucleotides. The secondary structure of PLMVd RNA has a complex branched structure and contains sequences involved in the creation of ribozyme structures in the form of a hammerhead, which are necessary for self-cleavage of RNA strands, which is typical for members of the family *Avsunviroidae* (C. Hernández, R. Flores, 1992; A. Shamloul et al., 1995; S. Ambrós et al., 1998; R. Flores et al., 1998) (Fig. 1).

In typical isolates of PLMVd found on peach, the genome most often consists of 336–337 nucleotides (C. Hernández, R. Flores, 1992; A. Shamloul et al., 1995). PLMVd isolates that cause calico symptoms

336–337 нуклеотидов (С. Hernández, R. Flores, 1992; A. Shamloul et al., 1995). Изоляты PLMVd, вызывающие симптомы калико, генетически отличаются от типовых изолятов, индуцирующих симптомы мозаики. Эти различия обусловлены вставкой 12–13 нуклеотидов, посредством которых и вызывается индукция симптомов альбинизма (S. Ambrós et al., 1998; M. Malfitano et al., 2003). В Испании были выявлены 2 изолята PLMVd (V1 и V2), заражающие растения персика в латентной форме и существенно генетически отличающиеся от всех других известных изолятов этого вириода. Изоляты V1 и V2 были отнесены к классу II генетических вариантов PLMVd, а все другие известные изоляты – к классу I (P. Serra et al., 2017).

PLMVd можно выявить в листьях, плодах, побегах и корнях растений персика, как при бессимптомной инфекции, так и при наличии типичных симптомов заражения (R. Flores et al., 1992, 1998).

Как и все вириоды семейства Avsunviroidae, PLMVd размножается и накапливается в хлоропластах клеток растений, но не в ядрах клеток. При этом PLMVd преимущественно локализуется в хлоропластах клеток палисадной паренхимы (F. Bussiere et al., 1999).

Основными растениями – хозяевами PLMVd являются персик (*Prunus persica*) и гибриды персика с миндалем и сливой. Вириод заражает также другие косточковые культуры: абрикос (*Prunus armeniaca*), миндаль (*Prunus amygdalus*), сливу домашнюю (*Prunus domestica*), черешню (*Prunus avium*) (EPPO, 2021). В Японии PLMVd был выявлен также на сливе китайской (*Prunus salicina*) и абрикосе японском (*Prunus mume*) (H. Osaki et al., 1999). В Греции и Тунисе PLMVd был обнаружен на груше домашней (*Pyrus communis*) и груше дикой (*Pyrus amygdaliformis*) (P. Kyriakopoulou et al., 2001; I. Fekih Hassen et al., 2004; I. Boubourakas et al., 2008).

Заражение вириодом здоровых растений происходит в результате прививки зараженными черенками или почками и очень часто – контаминированным инструментом при обрезке и прививке растений (R. Flores et al., 1992; A. Hadidi et al., 1997).

В нескольких проведенных экспериментах не установлена возможность передачи PLMVd с семенами персика (J.C. Desvignes, 1986; M. Barba et al., 2007). Вместе с тем вириод может присутствовать в оболочке плодов и семядолях, но не инфицирует зародыш, что, вероятно, и обуславливает невозможность семенной передачи (M. Barba et al., 2007).

Установлена возможность распространения PLMVd с зараженной пылью. При этом вириод выявляли как на поверхности, так и внутри пыльцевых зерен. После опыления зараженной пылью происходило заражение семян, плодов и побегов опыляемых растений с последующим развитием системной инфекции (M. Barba et al., 2007).

Установлена возможность распространения вириода зеленой персиковой тлей – *Myzus persicae*, но процент переноса был низким. В то же время PLMVd не распространяется клещами и тлями видов *Aphis gossypii* и *Aphis spiraeicola* (J.C. Desvignes, 1986; R. Flores et al., 1992).

На большие расстояния вириод распространяется с зараженными саженцами и черенками, поэтому наиболее эффективным методом предотвращения его распространения является

are genetically different from the type isolates that induce mosaic symptoms. These differences are due to the insertion of 12–13 nucleotides, through which the induction of albinism symptoms is caused (S. Ambrós et al., 1998; M. Malfitano et al., 2003). In Spain, 2 isolates of PLMVd (V1 and V2) were identified, infecting peach plants in a latent form and significantly genetically different from all other known isolates of this viroid. Isolates V1 and V2 were classified as class II of PLMVd genetic variants, and all other known isolates were classified as class I (P. Serra et al., 2017).

PLMVd can be detected in the leaves, fruits, shoots and roots of peach plants, both in asymptomatic infections and in the presence of typical infection symptoms (R. Flores et al., 1992, 1998).

Like all viroids of the Avsunviroidae family, PLMVd multiplies and accumulates in chloroplasts of plant cells, but not in cell nuclei. In this case, PLMVd is predominantly localized in the chloroplasts of the palisade parenchyma cells (F. Bussiere et al., 1999).

The main PLMVd host plants are peach (*Prunus persica*) and hybrids of peach with almonds and plums. Viroid also infects other stone fruit crops: apricot (*Prunus armeniaca*), almond (*Prunus amygdalus*), plum (*Prunus domestica*), sweet cherry (*Prunus avium*) (EPPO, 2021). In Japan, PLMVd was also detected on the Chinese plum (*Prunus salicina*) and Japanese apricot (*Prunus mume*) (H. Osaki et al., 1999). In Greece and Tunisia, PLMVd was found on a common pear (*Pyrus communis*) and almond-leaved pear (*Pyrus amygdaliformis*) (P. Kyriakopoulou et al., 2001; I. Fekih Hassen et al., 2004; I. Boubourakas et al., 2008).

Viroid infection of healthy plants occurs as a result of grafting with infected cuttings or buds and, very often, with contaminated tools during pruning and grafting (R. Flores et al., 1992; A. Hadidi et al., 1997).

Several experiments did not establish the possibility of transferring PLMVd with peach seeds (J.C. Desvignes, 1986; M. Barba et al., 2007). At the same time, the viroid can be present in the membrane of fruits and cotyledons, but does not infect the embryo, which, probably, determines the impossibility of seed transmission (M. Barba et al., 2007).

The possibility of spreading PLMVd with contaminated pollen has been established. In this case, the viroid was detected both on the surface and inside the pollen grains. After pollination with contaminated pollen, the seeds, fruits and shoots of pollinated plants were infected, followed by the development of systemic infection (M. Barba et al., 2007).

The possibility of spreading the viroid of the green peach aphid *Myzus persicae* has been established, but the transmission rate was low. At the same time, PLMVd is not spread by mites and aphids of the species *Aphis gossypii* and *Aphis spiraeicola* (J.C. Desvignes, 1986; R. Flores et al., 1992).

Viroid spreads over long distances with infected seedlings and cuttings, so the most effective method to prevent its spread is to use healthy certified planting material.

According to the reaction of peach varieties, all PLMVd isolates can be divided into 3 groups: 1) latent,

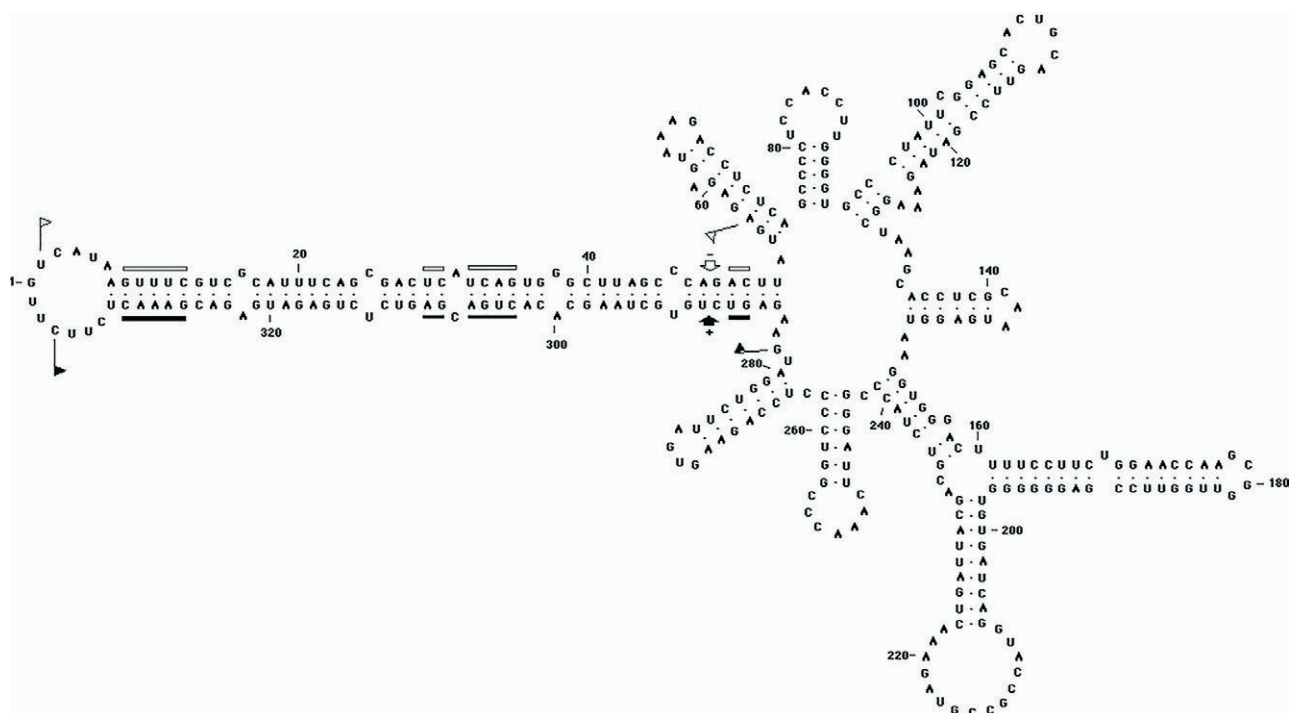


Рис. 1. Первичная и вторичная структура референтного изолята PLMVd M83545 (C. Hernández, R. Flores, 1992)

Fig. 1. Primary and secondary structure of the reference isolate PLMVd M83545 (C. Hernández, R. Flores, 1992)

использование здорового сертифицированного посадочного материала.

По реакции сортов персика все изоляты PLMVd можно подразделить на 3 группы: 1) латентные, чаще всего встречающиеся в природе и послужившие основанием для названия данного вида; 2) вызывающие мозаику или пятнистость листьев различной степени интенсивности; 3) вызывающие симптомы калико (J.C. Desvignes, 1980).

Первые симптомы болезни на растениях персика иногда проявляются через 2 года после посадки зараженных растений, но чаще – через 5–7 лет. Наиболее типичными симптомами являются задержка цветения, распускания листьев и созревания плодов. Протекание всех этих процессов происходит с задержкой на 4–6 дней. На листьях восприимчивых сортов персика появляется кремово-желтая мозаика, хлоротическая пятнистость, окаймление жилок и в наиболее острых случаях – калико (альбинизм), выражающееся в развитии на листьях больших участков ярко-желтого или кремового цвета. На некоторых сортах развиваются узкие листья с бледно-зеленой окраской и некрозами на жилках.

Зараженные плоды неправильной формы, уплощенные, бледно окрашенные, часто имеют трещины на плодном шве и пятна более светлой окраски на кожице, их косточки обычно увеличены и имеют округлую форму. На плодах некоторых сортов персика образуются также хлоротические пятна.

На лепестках цветков некоторые изоляты патогена вызывают появление характерных штрихов или длинных линий светло-красного цвета.

Некоторые изоляты вызывают некроз почек и древесины, а также ямчатость древесины (рис. 2, 3). Типичным при заражении PLMVd является образование характерного открытого габитуса кроны (J.C. Desvignes, 1986; M. Luigi et al., 2010).

most often found in nature and which served as the basis for the name of this species; 2) causing mosaic or leaf spotting of varying degrees of intensity; 3) causing symptoms of calico (J.C. Desvignes, 1980).

The first symptoms of the disease on peach plants sometimes appear 2 years after the infected plants are planted, but more often after 5–7 years. The most common symptoms are delayed flowering, leaf opening and fruit ripening. The course of all these processes occurs with a delay of 4–6 days. On the leaves of susceptible peach varieties, a creamy yellow mosaic, chlorotic spotting, vein bordering and, in the most acute cases, calico (albinism) appear, which is expressed in the development of large areas of bright yellow or cream color on the leaves. Some varieties develop narrow leaves with a pale green color and necrosis on the veins.

Infected fruits are irregular, flattened, pale in color, often have cracks on the fruit suture and lighter spots on the skin, their stones are usually enlarged and rounded. Chlorotic spots are also formed on the fruits of some peach varieties.

On flower petals, some pathogen isolates cause characteristic streaks or long lines of light red color.

Some isolates cause bud and wood necrosis, as well as wood pitting (Fig. 2, 3). Typical during PLMVd infestation is the formation of a typical open crown habit (J.C. Desvignes, 1986; M. Luigi et al., 2010).

As a result of PLMVd contamination, the quantity and quality of peach fruit is reduced (R. Flores et al., 1998; A. Myrta et al., 2003).

It should be considered that on the leaves, fruits and flowers of peach, some other viruses and viroids can also induce similar symptoms, in particular the hop stunt viroid (HSVd), the *Prunus* necrotic ringspot



Рис. 2. Ямчатость древесины (фото авторов) **Fig. 2. Wood pitting (photo by the authors)**

В результате заражения PLMVd снижается количество и качество плодов персика (R. Flores et al., 1998; A. Myrta et al., 2003).

Необходимо учитывать, что на листьях, плодах и цветках персика сходные симптомы могут индуцировать также некоторые другие вирусы и виroidы, в частности виroid карликовости хмеля (HSVd), иларвирус некротической кольцевой пятнистости косточковых (PNRSV), потивирius шарки слив (PPV). В связи с этим вызываемые PLMVd симптомы нельзя признать видоспецифичными.

Для предупреждения заражения растений виroidом необходимо соблюдать следующие требования:

- использовать здоровый сертифицированный посадочный материал;
- дезинфицировать инструмент, используемый при прививке и обрезке растений;
- осуществлять борьбу с тлями-переносчиками;
- выкорчевывать зараженные растения;
- размещать маточно-черенковые сады не менее чем в 2 км от плодоносящих насаждений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сотрудниками научного подразделения ФГБУ «ВНИИКР» в настоящее время проводится работа по разработке специфичных и чувствительных методов выявления и идентификации виroidа латентной мозаики персика. Некоторые результаты исследований будут представлены в следующем номере журнала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Решение Совета ЕЭК от 30 ноября 2016 г. № 157.
2. Ambrós S., Hernández C., Desvignes J.C., Flores R., 1998. Genomic structure of three phenotypically different isolates of Latent mosaic viroid: Implications of the existence of constraints limiting the heterogeneity of viroid quasi species. – *Journal of Virology*, 72: 7397–7406.



Рис. 3. Некроз древесины (фото авторов) **Fig. 3. Wood necrosis (photo by the authors)**

virus (PNRSV), and the plum pox virus (PPV). In this regard, the symptoms caused by PLMVd cannot be considered species-specific.

To prevent viroid infection of plants, the following requirements must be followed:

- use healthy certified planting material;
- disinfect tools used in grafting and pruning plants;
- control aphid vectors;
- uproot infected plants;
- place mother-plantation gardens at least 2 km from fruiting plantations.

CONCLUSION

The specialists of the research department of the FGBU “VNIICR” are currently working on the development of specific and sensitive methods for the detection and identification of the peach latent mosaic viroid. Some research results will be presented in the next issue of the journal.

REFERENCES

1. Decision of the EEC Council dated November 30, 2016 No. 157.
2. Ambrós S., Hernández C., Desvignes J.C., Flores R. Genomic structure of three phenotypically different isolates of Latent mosaic viroid: Implications of the existence of constraints limiting the heterogeneity of viroid quasi species. *Journal of Virology*, 1998; 72: 7397–7406.
3. Barba M., Ragozzino E., Faggioli F. Pollen transmission of Peach latent mosaic viroid. *Journal of Plant Pathology*, 2007; 89 (2): 287–289.
4. Boubourakas I.N., Arambatzis C., Kyriakopoulou P.E., Dovas C. Amelioration of a reverse

3. Barba M., Ragozzino E., Faggioli F., 2007. Pollen transmission of Peach latent mosaic viroid. – *Journal of Plant Pathology*, 89 (2): 287–289.
4. Boubourakas I.N., Arambatzis C., Kyriakopoulou P.E., Dovas C., 2008. Amelioration of a reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR) for the detection of ASSVd, PBCVd and PLMVd viroids, and their presence in cultivated and wild pome and stone fruits in Greece. – XX Int. Symp. Virus and Virus-like Diseases of Temperate Fruit Crops, № 781: 519–527.
5. Bussiere F., Lehoux J., Thompson D.A., Skrzeczkowski L.J., Perreault J.P., 1999. Subcellular localization and rolling circle replication of Peach latent mosaic viroid: hallmarks of group A viroids. – *Journal of Virology*, 73: 6353–6360.
6. Desvignes J.C., 1980. Different symptoms of the peach latent mosaic. – *Acta Phytopathol. Acad. Sci. Hung*, 183: 183–190.
7. Desvignes J.C., 1986. Peach latent mosaic and its relation to peach mosaic and peach yellow mosaic virus diseases. – *Acta Horticulturae*, 193: 51–57.
8. Desvignes J.C., 1976. The virus diseases detected in greenhouse and in field by the peach seedling GF 305 indicator. – *Acta Horticulturae*, 67: 315–323.
9. Di Serio F., Li S.-F., Pallas V., Owens R.A., Randles J.W., Sano T., Verhoeven J.T.J., Vidalakis G., Flores R., 2017. Viroid Taxonomy. In *Viroids and satellites*. Eds Hadidi A., Flores R., Randles J.W., Palukaitis P. Academic Press. 2017; 135–146.
10. Fekih Hassen I., Kummert J., Marbot S., Fakhfakh H., Marrakchi M., Jijakli M.H., 2004. First report of Pear blister canker viroid, Peach latent mosaic viroid, and Hop stunt viroid infecting fruit trees in Tunisia. – *Plant Disease*, 88: 1164.
11. Flores R., Hernández C., Avinent L., Hermoso A., Llácer G., Juárez J., Arregui J.H., Navarro L., Desvignes J.C., 1992. Studies on the detection, transmission and distribution of Peach latent mosaic viroid in peach trees. – *Acta Horticulturae*, 309: 325–330.
12. Flores R., Hernández C., Llácer G., Desvignes J.C., 1998. Peach latent mosaic viroid – CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses, 362.
13. Hadidi A., Giunchedi L., Shamloul A.M., Poggi-Pollini C., Amer A.M., 1997. Occurrence of Peach latent mosaic viroid in stone fruits and its transmission with contaminated blades. – *Plant Disease*, 81: 154–158.
14. Hernández C., Flores R., 1992. Plus and minus RNAs of Peach latent mosaic viroid self-cleave in vitro via hammerhead structures. – *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 89: 3711–3715.
15. Kyriakopoulou P.E., Giunchedi L., Hadidi A., 2001. Peach latent mosaic and pome fruit viroids in naturally infected cultivated pear *Pyrus communis* and wild pear *P. amygdaliformis*: implications on possible origin of these viroids in the Mediterranean region. – *Journal of Plant Pathology*, 83: 51–62.
16. Luigi M., Faggioli F., Barba M., Giunchedi L., 2010. Identification and characterization of Peach latent mosaic viroid and Hop stunt viroid in different peach cultivars showing dapple fruit, fruit yellow mosaic and cracked suture symptoms: 21st Int. Conf. Virus and other Graft Transmissible Diseases of Fruit Crops. Julius-Kuhn-Archiv., 427: 373–374.
17. Malfitano M., Di Serio F., Covelli L., Ragozzino A., Hernández C., Flores R., 2003. Peach latent mosaic viroid variants inducing peach calico contain transcription polymerase chain reaction (RT-PCR) for the detection of ASSVd, PBCVd and PLMVd viroids, and their presence in cultivated and wild pome and stone fruits in Greece. XX Int. Symp. Virus and Virus-like Diseases of Temperate Fruit Crops, 2008; № 781: 519–527.
5. Bussiere F., Lehoux J., Thompson D.A., Skrzeczkowski L.J., Perreault J.P. Subcellular localization and rolling circle replication of Peach latent mosaic viroid: hallmarks of group A viroids. *Journal of Virology*, 1999; 73: 6353–6360.
6. Desvignes J.C. Different symptoms of the peach latent mosaic. *Acta Phytopathol. Acad. Sci. Hung*, 1980; 183: 183–190.
7. Desvignes J.C. Peach latent mosaic and its relation to peach mosaic and peach yellow mosaic virus diseases. *Acta Horticulturae*, 1986; 193: 51–57.
8. Desvignes J.C. The virus diseases detected in greenhouse and in field by the peach seedling GF 305 indicator. *Acta Horticulturae*, 1976; 67: 315–323.
9. Di Serio F., Li S.-F., Pallas V., Owens R.A., Randles J.W., Sano T., Verhoeven J.T.J., Vidalakis G., Flores R. Viroid Taxonomy. In *Viroids and satellites*. Eds Hadidi A., Flores R., Randles J.W., Palukaitis P. Academic Press. 2017; 135–146.
10. Fekih Hassen I., Kummert J., Marbot S., Fakhfakh H., Marrakchi M., Jijakli M.H. First report of Pear blister canker viroid, Peach latent mosaic viroid, and Hop stunt viroid infecting fruit trees in Tunisia. *Plant Disease*, 2004; 88: 1164.
11. Flores R., Hernández C., Avinent L., Hermoso A., Llácer G., Juárez J., Arregui J.H., Navarro L., Desvignes J.C. Studies on the detection, transmission and distribution of Peach latent mosaic viroid in peach trees. *Acta Horticulturae*, 1992; 309: 325–330.
12. Flores R., Hernández C., Llácer G., Desvignes J.C. Peach latent mosaic viroid – CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses. 1998; 362.
13. Hadidi A., Giunchedi L., Shamloul A.M., Poggi-Pollini C., Amer A.M. Occurrence of Peach latent mosaic viroid in stone fruits and its transmission with contaminated blades. *Plant Disease*, 1997; 81: 154–158.
14. Hernández C., Flores R. Plus and minus RNAs of Peach latent mosaic viroid self-cleave in vitro via hammerhead structures. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 1992; 89: 3711–3715.
15. Kyriakopoulou P.E., Giunchedi L., Hadidi A. Peach latent mosaic and pome fruit viroids in naturally infected cultivated pear *Pyrus communis* and wild pear *P. amygdaliformis*: implications on possible origin of these viroids in the Mediterranean region. *Journal of Plant Pathology*, 2001; 83: 51–62.
16. Luigi M., Faggioli F., Barba M., Giunchedi L. Identification and characterization of Peach latent mosaic viroid and Hop stunt viroid in different peach cultivars showing dapple fruit, fruit yellow mosaic and cracked suture symptoms: 21st Int. Conf. Virus and other Graft Transmissible Diseases of Fruit Crops. Julius-Kuhn-Archiv., 2010; 427: 373–374.
17. Malfitano M., Di Serio F., Covelli L., Ragozzino A., Hernández C., Flores R. Peach latent mosaic viroid variants inducing peach calico contain

a characteristic insertion that is responsible for this symptomatology. – *Virology*, 313: 492–501.

18. Myrta A., Di Terlizzi B., Savino V., 2003. Virus and virus-like diseases of stone fruits, with particular reference to the Mediterranean region. – *Options Méditerranéennes*, Serie B, № 45: 129–133.

19. Osaki H., Yamaguchi Y., Sato Y., Tomita Y., Kawai Y., Miyamoto Y., Ohtsu Y., 1999. Peach latent mosaic viroid isolated from stone fruits in Japan. – *Ann. Phytopathol. Society Japan*, 65: 3–8.

20. Serra P., Bertolini E., Martinez M.C., Cambra M., Flores R., 2017. Interference between variants of Peach latent mosaic viroid reveals novel features of its fitness landscape: implications for detection. – *Scientific Reports*, 7: 42825. DOI: 10.1038/step42825.

21. Shamloul A.M., Minafra A., Hadidi A., Giunchedi L., Waterworth H.E., Allam E.K., 1995. Peach latent mosaic viroid: nucleotide sequencing of an Italian isolate, sensitive detection using RT-PCR and geographic distribution. – *Acta Horti*, 386: 522–530.

22. EPPO, 2021. EPPO Global Database. URL: <https://gd.eppo.int> (дата обращения: 10.03.2021).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Приходько Юрий Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник научно-методического отдела вирусологии и бактериологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; *e-mail: prihodko_yuri59@mail.ru*.

Живаева Татьяна Степановна, научный сотрудник научно-методического отдела вирусологии и бактериологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; *e-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru*.

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

Шнейдер Юрий Андреевич, кандидат биологических наук, и. о. заместителя директора, начальник научно-методического и экспериментального центра, старший научный сотрудник ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; *ORCID 0000-0002-7565-1241, e-mail: yury.shneyder@mail.ru*.

Каримова Елена Владимировна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научно-методического отдела вирусологии и бактериологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; *ORCID 0000-0001-6474-8913, e-mail: elenavkar@mail.ru*.

a characteristic insertion that is responsible for this symptomatology. *Virology*, 2003; 313: 492–501.

18. Myrta A., Di Terlizzi B., Savino V. Virus and virus-like diseases of stone fruits, with particular reference to the Mediterranean region. *Options Méditerranéennes*, Serie B. 2003; № 45: 129–133.

19. Osaki H., Yamaguchi Y., Sato Y., Tomita Y., Kawai Y., Miyamoto Y., Ohtsu Y. Peach latent mosaic viroid isolated from stone fruits in Japan. *Ann. Phytopathol. Society Japan*, 1999; 65: 3–8.

20. Serra P., Bertolini E., Martinez M.C., Cambra M., Flores R. Interference between variants of Peach latent mosaic viroid reveals novel features of its fitness landscape: implications for detection. *Scientific Reports*, 2017; 7: 42825. DOI: 10.1038/step42825.

21. Shamloul A.M., Minafra A., Hadidi A., Giunchedi L., Waterworth H.E., Allam E.K. Peach latent mosaic viroid: nucleotide sequencing of an Italian isolate, sensitive detection using RT-PCR and geographic distribution. *Acta Horti*, 1995; 386: 522–530.

22. EPPO, 2021. EPPO Global Database. URL: <https://gd.eppo.int> (last accessed: 10.03.2021).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yuri Prikhodko, PhD in Agriculture, Leading Researcher, Research and Methodology Department of Virology and Bacteriology, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: prihodko_yuri59@mail.ru*.

Tatyana Zhivaeva, Researcher, Research and Methodology Department of Virology and Bacteriology, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru*.

Evgenya Lozovaya, Researcher, Postgraduate Study Department, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: evgeniyaf@mail.ru*.

Yuri Shneyder, PhD in Biology, Acting Deputy Director, Head of Research and Methodology and Experimental Center, Leading Researcher, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *ORCID 0000-0002-7565-1241, e-mail: yury.shneyder@mail.ru*.

Elena Karimova, PhD in Biology, Leading Researcher, Research and Methodology Department of Virology and Bacteriology, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *ORCID 0000-0001-6474-8913, e-mail: elenavkar@mail.ru*.

Культурально-морфологические особенности возбудителя *Diaporthe vaccinii* в подкарантинной продукции – растениях клюквы

А.А. КУЗНЕЦОВА¹, Ю.В. ЦВЕТКОВА²,
А.В. КАМЧЕНКОВ³

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

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

¹ e-mail: kyyznec@bk.ru

² ORCID 0000-0002-4334-9224, SPIN-код 2744-1123, e-mail: yutska@mail.ru

³ e-mail: akamchenkov@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В ходе работы лаборатории микологии ФГБУ «ВНИИКР» при исследованиях подкарантинной продукции образцов саженцев клюквы из Республики Беларусь был выявлен и изучен грибок *Diaporthe vaccinii* Shear – возбудитель вязкой гнили черники. В исследовании описаны биологические особенности патогена, основные симптомы поражения на ягодных культурах рода *Vaccinium* и, в частности, на растениях клюквы, методы выделения и идентификации патогена с помощью культурально-морфологических и молекулярно-генетических методов; представлена сравнительная характеристика роста и развития гриба на двух питательных средах: картофельно-глюкозном и солодовом агаре; описаны культурально-морфологические признаки гриба, а также проведена морфометрия структур – пикнид и пикноспор. На основе предварительных симптоматических и морфологических признаков была проведена идентификация патогена. Для подтверждения видовой принадлежности был проведен анализ нуклеотидных последовательностей по участку внутреннего транскрибируемого спейсера.

Ключевые слова. Вязкая гниль черники, *Phomopsis vaccinii*, ПЦР, диагностика фитопатогена.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в сельском хозяйстве все большее распространение получают промышленные плантации редких ягодных культур, таких как голубика, клюква, черника. Почвенно-климатические условия средней полосы России позволяют выращивать растения рода *Vaccinium* с высокими показателями урожайности.

Culture morphological characteristics of the pathogen *Diaporthe vaccinii* in regulated products – cranberry plants

A.A. KUZNETSOVA¹, YU.V. TSVETKOVA²,
A.V. KAMCHENKOV³

^{1,2,3} FGBU “All-Russian Plant Quarantine Center” (FGBU “VNIIEK”), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia

² Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

¹ e-mail: kyyznec@bk.ru

² ORCID 0000-0002-4334-9224, SPIN-code 2744-1123, e-mail: yutska@mail.ru

³ e-mail: akamchenkov@mail.ru

ABSTRACT

In the course of the work of the Mycology Laboratory of FGBU “VNIIEK”, while studying the regulated products of cranberry seedlings samples from the Republic of Belarus, the fungus *Diaporthe vaccinii* Shear was detected and studied, which is a causative agent of blight of blueberry. The study describes the biological characteristics of the pathogen, the main damage symptoms on the *Vaccinium* genus berry crops and, in particular, on cranberry plants, methods of isolating and identifying the pathogen using culture morphological and molecular genetic methods; presents a comparative characteristic of the growth and development of the fungus on two nutrient media: potato dextrose and malt agar; the culture morphological characteristics of the fungus are described, as well as the morphometry of the structures – pycnidia and pycnospores. The identification of the pathogen was carried out on the basis of preliminary symptomatic and morphological characteristics. To confirm the species, the analysis of nucleotide sequences was carried out for the site of the internal transcribed spacer.

Keywords. Blight of blueberry, *Phomopsis vaccinii*, PCR, phytopathogen diagnostics.

INTRODUCTION

Currently, industrial plantations of rare berry crops, such as blueberries, cranberries, and bilberries, are becoming more widespread in agriculture. The soil and climatic

Закладываются промышленные маточники ягодных культур в Калининградской, Ленинградской, Нижегородской, Тамбовской, Пензенской областях и др., а также активно происходит выращивание растений в Краснодарском крае (Латков и др., 2020). Производство ягодных культур является перспективной отраслью, но для получения качественного посадочного материала и высокого урожая требуется проведение эффективного комплекса мероприятий, основу которых составляет фитосанитарный контроль состояния маточных растений. Зачастую с приобретением посадочного материала новых и продуктивных сортов иностранного происхождения существует риск проникновения и распространения инвазивных видов грибов и грибоподобных организмов.

Одним из таких видов является новый для РФ вид *Diaporthe vaccinii* Shear (бесполовая стадия – *Phomopsis vaccinii* Shear, N.E. Stevens & H.F. Bain) – возбудитель вязкой гнили черники, поражающий преимущественно культивируемые виды рода *Vaccinium*: американские и европейские виды клюквы (*V. macrocarpon*, *V. oxycoccos*, *V. oxycoccos* var. *intermedium* и др.), голубику высокорослую (*V. corymbosum*), голубику прутьевидную (*V. ashei*), бруснику (*V. vitis-idaea*) и чернику (*V. myrtillus*). Дикорастущие виды рода *Vaccinium* могут быть резервуарами инфекции *D. vaccinii* (EPPO Standard, 2009). Возбудитель вязкой гнили черники *D. vaccinii* является карантинным вредным организмом, отсутствующим на территории РФ и Евразийского экономического союза; для стран Европейского союза с 2019 г. – регулируемый вредный организм. По данным ЕОКЗР (2020-03-02), патоген распространен в Европе (Латвия), Азии (Китай), Северной Америке (Канада, США) и Южной Америке (Чили) (<https://gd.eppo.int/taxon/DIAPVA/distribution>).

Вредоносность патогена проявляется в интенсивном отмирании ветвей растений, приводящем к значительным потерям урожайности – до 65%, в некоторых случаях к полной гибели ягодных культур (EFSA PLH Panel, 2014; Friend, Boone, 1968). Основным способом проникновения инфекции на новую территорию является несертифицированный пораженный посадочный материал. Естественным путем патоген может распространяться с помощью ветра, капельной влаги, инвентаря, необработанной сельскохозяйственной техники и т. д. *D. vaccinii* зимует на побегах и на лежащих на поверхности почвы растительных остатках (стеблях, листьях, плодах). Оптимальная температура как для роста мицелия, так и для прорастания конидий составляет 21–24 °C (EFSA PLH Panel, 2014; EPPO Standard, 2009).

Первые симптомы *D. vaccinii* появляются на кончиках молодых побегов в виде вытянутых язв, которые со временем разрастаются и вызывают усыхание веточек и листьев растений. Патоген проникает через ранки и устьица и распространяется к основанию растений по сосудистым тканям стеблей, вызывая бурое обесцвечивание ксилемы. На инфицированных стеблях под поверхностью коры появляются плодовые тела – темные пикниды, с выходящими из поросов многочисленными спорами кремовато-молочного цвета. Гриб также поражает плоды, которые становятся красновато-коричневыми, мягкими, приобретают кашеобразную консистенцию, часто растрескиваются

conditions of central Russia make it possible to grow plants of the genus *Vaccinium* with high yields. Industrial mother-plantation of berry crops are laid in Kaliningrad Oblast, Leningrad Oblast, Nizhny Novgorod Oblast, Tambov Oblast, Penza Oblast, etc., and plants are being actively cultivated in Krasnodar Krai (Latkov et al., 2020). The production of berry crops is a promising industry, but to obtain high-quality planting material and a high yield, an effective set of measures is required, the basis of which is phytosanitary control of the mother plants state. Often, with the acquisition of planting material for new and productive varieties of foreign origin, there is a risk of introduction and spreading of invasive species of fungi and fungi-like organisms.

One of these types is a species new for the Russian Federation – *Diaporthe vaccinii* Shear (asexual stage – *Phomopsis vaccinii* Shear, N.E. Stevens & H.F. Bain), the agent of blight of blueberry mostly affecting cultivated species of the genus *Vaccinium*: American and European cranberries (*V. macrocarpon*, *V. oxycoccos*, *V. oxycoccos* var. *intermedium*, etc.), northern highbush blueberry (*V. corymbosum*), rabbiteye blueberry (*V. ashei*), cranberry (*V. vitis-idaea*) and bilberry (*V. myrtillus*). Wild species of the genus *Vaccinium* can be reserves of the infection *D. vaccinii* (EPPO Standard, 2009). The agent of blight of blueberry *D. vaccinii* is a quarantine pest absent in the Russian Federation and the Eurasian Economic Union; since 2019 it has been a regulated pest for the European Union countries. According to EPPO data (2020-03-02), the pathogen is spread in Europe (Latvia), Asia (China), North America (Canada, USA) and South America (Chile) (<https://gd.eppo.int/taxon/DIAPVA/distribution>).

The harmfulness of the pathogen is manifested in the intense death of plant branches, leading to significant losses in yield – up to 65%, in some cases to the complete death of berry crops (EFSA PLH Panel, 2014; Friend, Boone, 1968). The main pathway of the infection into a new territory is uncertified diseased planting material. The pathogen can naturally spread by wind, dripping moisture, implements, untreated agricultural machinery, etc. *D. vaccinii* overwinters on shoots and plant debris (stems, leaves, fruits) lying on the soil surface. The optimum temperature for both mycelium growth and conidial germination is 21–24 °C (EFSA PLH Panel, 2014; EPPO Standard, 2009).

The first symptoms of *D. vaccinii* appear on the tips of young shoots in the form of elongated cankers, which grow over time and cause the twigs and leaves of plants to dry out. The pathogen penetrates through wounds and stomata and spreads to the base of plants along the vascular tissues of the stems, causing brown discoloration of the xylem. On the infected stems under the surface of the bark, fruiting bodies appear – dark pycnidia, with numerous spores of a creamy-milky color emerging from the pores. The fungus also affects fruits that become reddish-brown, soft, mushy, and often crack with sap during harvest (EFSA PLH Panel, 2014; Weingartner and Klos, 1975) (Fig. 1).

In some cases, *Vaccinium* plants have no visible symptoms of *D. vaccinii* in the vegetative and generative parts. In this case, the pathogen can exist in a state of latent infection until the end of the growing season and



Рис. 1. Симптомы поражения растений грибом *D. vaccinii*:
а – отмирание ветвей на растении голубики;
б – пораженная ягода голубики (фото Ю.В. Цветковой)



Fig. 1. Symptoms of damage to plants by the fungus *D. vaccinii*:
a – dying off of branches on a blueberry plant; b – affected blueberry (photo by Yu.V. Tsvetkova)

с вытеканием сока при сборе урожая (EFSA PLH Panel, 2014; Weingartner, Klos, 1975) (рис. 1).

В ряде случаев у растений рода *Vaccinium* на вегетативных и генеративных частях отсутствуют видимые симптомы поражения *D. vaccinii*. При этом патоген может существовать в состоянии латентной инфекции до конца вегетационного периода и проявляться только при созревании плодов. На растениях-хозяевах могут присутствовать близкородственные виды грибов рода *Diaporthe*, такие как *D. columnaris* (D.F. Farr & Castl.) Udayanga & Castl., *D. conorum* (Desm.) Niessl, *D. eres* Nitschke и др., которые вызывают похожие симптомы поражения и формируют трудноотличимые морфологические структуры. Скрытая форма инфекции и присутствие близкородственных видов грибов на одном растении-хозяине усложняют диагностику заболевания (EFSA PLH Panel, 2014; EPPO Standard, 2009).

Для предотвращения проникновения возбудителя на новые территории необходимо точное и быстрое выявление на точках досмотра растительной продукции и надежная идентификация в лабораторных условиях, включающая проведение исследований импортируемого посадочного материала, основанных на комплексном подходе с использованием общепринятых классических (биологических) и современных (молекулярно-генетических) методов (Farr et al., 2002; Michalecka et al., 2017).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлся подкарантинный посадочный материал растений клюквы (*Vaccinium* subgen. *Oxycoccus*) импортного происхождения (Республика Беларусь).

На первом этапе исследования использовали классические методы диагностики: выделение патогена на питательную среду, микроскопирование и морфометрию.

При визуальном осмотре растений клюквы были отобраны небольшие фрагменты пораженных частей (листья, стебли), которые промывали в проточной воде, стерилизовали и закладывали на чашки Петри с подготовленной питательной средой (2%-й картофельно-глюкозный агар, pH 5,5). Чашки инкубировали при температуре 25 °C в течение 7 дней с ежедневным просмотром развившегося мицелия гриба. Выросший мицелий микроскопировали, при наличии подозрительных и сходных

manifest itself only when the fruits ripen. Host plants may contain closely related species of fungi of the genus *Diaporthe*, such as *D. columnaris* (DF Farr & Castl.) Udayanga & Castl., *D. conorum* (Desm.) Niessl, *D. eres* Nitschke, etc., which cause similar damage symptoms and form morphological structures that are difficult to distinguish. The latent form of infection and the presence of closely related fungal species on the same host plant complicate the diagnosis of the disease (EFSA PLH Panel, 2014; EPPO Standard, 2009).

To prevent the penetration of the pathogen into new territories, accurate and quick identification of plant products at inspection points and reliable identification in laboratory conditions are required, including research on imported planting material based on an integrated approach using generally accepted classical (biological) and modern (molecular genetic) methods (Farr et al., 2002; Michalecka et al., 2017).

MATERIALS AND METHODS

The object of the study was regulated planting stock of cranberry plants (*Vaccinium* subgen. *Oxycoccus*) of imported origin (Republic of Belarus).

At the first stage of the study, classical diagnostic methods were used: isolation of the pathogen on a nutrient medium, microscopy and morphometry.

During visual inspection of cranberry plants, small fragments of the affected parts (leaves, stems) were selected, washed in running water, sterilized, and placed on Petri dishes with a prepared nutrient medium (2% potato dextrose agar, pH 5.5). The dishes were incubated at 25 °C for 7 days with daily viewing of the developed mycelium of the fungus. The grown mycelium was microscopied, in the presence of suspicious and similar to the target species of the fungus microscopic signs, were sifted into a pure culture.

To clarify the species identification, classical PCR was performed using universal primers ITS5 (5'-GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-3') и ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTTGATATGC-3') (EPPO Standard, 2009; White et al., 1990).

To isolate DNA, a portion of the fungal mycelium (1 cm²) was selected in a 1.5 ml tube, 200 µl of lysis



Рис. 2. Симптомы поражения растений клюквы грибом *D. vaccinii*: а – усыхание ветвей растения клюквы; б – некроз листа с образовавшимися пикнидами (фото Ю.В. Цветковой)



Fig. 2. Symptoms of damage to cranberry plants by the fungus *D. vaccinii*: а – drying out of the branches of the cranberry plant; б – leaf necrosis with formed pycnidia (photo by Yu.V. Tsvetkova)

с целевым видом гриба микроскопических признаков, отсеивали в чистую культуру.

Для уточнения видовой идентификации проводили классическую ПЦР с применением универсальных праймеров ITS5 (5' -GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG -3') и ITS4 (5' -TCCTCCGCTTATTGATATGC -3') (EPPO Standard, 2009; White et al., 1990).

Для выделения ДНК отбирали участок мицелия гриба (1 см²) в 1,5 мл пробирки, добавляли 200 мкл лизирующего буфера и растирали пестиком до однородного состояния. Выделение ДНК проводили с использованием готового набора «Фитосорб» (ООО «НПФ Синтол», Москва), основанного на использовании магнитных частиц.

ПЦР проводили в термоциклере T100 Touch Thermal Cycler, Bio-Rad. Смесь реактивов для постановки одной реакции объемом 25 мкл содержала 5 мкл 5X ПЦР-буфера Mas DDMix 2025 (ООО «Диалат Лтд.», Москва), 1 мкл каждого праймера, 2 мкл целевой ДНК и 16 мкл стерильной воды.

Условия амплификации на приборе: 3 мин. – 94 °C; 30 циклов: 30 с. – 94 °C, 30 с. – 52 °C, 90 с. – 72 °C; 1 цикл 7 мин. – 72 °C.

buffer was added and triturated with a pestle until smooth. DNA isolation was carried out using a ready-made kit “Fitosorb” (“NPF Syntol”, Moscow), based on the use of magnetic particles.

PCR was performed in a T100 Touch Thermal Cycler, Bio-Rad. A mixture of reagents for staging one reaction with a volume of 25 µL contained 5 µL of 5X PCR buffer Mas DDMix 2025 (Dialat Ltd., Moscow), 1 µL of each primer, 2 µL of target DNA, and 16 µL of sterile water.

Amplification conditions on the device: 3 min. – 94 °C; 30 cycles: 30 s. – 94 °C, 30 s. – 52 °C, 90 s. – 72 °C; 1 cycle 7 min. – 72 °C.

After the amplification, 4 µl of the PCR product was dropped into the wells of a 1.0% agarose gel with ethidium bromide in 0.5 × TBE buffer and separated by electrophoresis. Subsequently, the obtained amplicons were visualized using a gel-documenting system manufactured by Bio-Rad (USA). The samples were then purified using a commercial Thermo Fisher kit GeneJET PCR Purification Kit) and sequenced on an Applied Biosystems 3500 Genetic Analyzer. The obtained portions of the nucleotide sequences were processed using the BioEdit and MegaX programs. Comparative analysis was performed using the sequences of isolates deposited in the GenBank NCBI database.

The work compared the growth and development of the pathogen on two types of nutrient media – potato dextrose agar (2% CHA) and malt agar (2% MA) – and cultivated at 25 °C. Studied the cultural and morphological characteristics of the fungus on the 4th, 9th, 14th and 21st days. The study determined the features of the morphogenesis of the pathogen, the formation of fruiting bodies (pycnidia), sporulation, assessed the nature of growth, structure, surface, color, shape of the colony. Conidia morphometry was performed using an Olympus BX43 microscope and QuickPHOTO MICRO 3.2 software.

RESULTS AND DISCUSSION

As a result of visual inspection of cranberry plants, symptoms of shoot drying and dark blackening spots on the leaf blades were found, the surface of the stems was dark brown, in the upper part of the petioles there



Рис. 3. Серо-оливковый слабоопушенный прижатый воздушный мицелий *D. vaccinii* на 2%-м КГА (фото Ю.В. Цветковой)

Fig. 3. Gray-olive slightly pubescent compressed aerial mycelium of *D. vaccinii* at 2% PDA (photo by Yu.V. Tsvetkova)

После амплификации 4 мкл ПЦР-продукта раскапывали в лунки 1,0%-го агарозного геля с бромистым этидием в 0,5 × ТВЕ-буфере и разделяли с помощью электрофореза. В дальнейшем проводили визуализацию полученных ампликонов с использованием гель-документирующей системы производства Bio-Rad (США). Затем образцы очищали с помощью коммерческого набора Thermo Fisher (GeneJET PCR Purification Kit) и проводили секвенирование на генетическом анализаторе 3500 Applied Biosystems. Полученные участки нуклеотидных последовательностей обрабатывали с использованием программ BioEdit и MegaX. Сравнительный анализ проводили с использованием последовательностей изолятов, депонированных в базу данных GenBank NCBI.

В работе сравнивали рост и развитие патогена на двух видах питательных сред – картофельно-глюкозном агаре (2%-й КГА) и солодовом агаре (2%-й МА) – и культивировали при температуре 25 °С. Изучали культурально-морфологические признаки гриба на 4, 9, 14 и 21-е сутки. В исследовании определяли особенности морфогенеза патогена, образования плодовых тел (пикнид), спорообразование, оценивали характер роста, строение, поверхность, цвет, форму колонии. Морфометрию конидий проводили с помощью микроскопа Olympus BX43 и программного обеспечения QuickPHOTO MICRO 3.2.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В результате визуального осмотра растений клюквы были обнаружены симптомы усыхания побегов, темные, чернеющие пятна на листовых пластинках, поверхность стеблей имела темно-коричневый цвет, в верхней части черешков отмечались мелкие, продолговатые, черные некрозы (рис. 2). Плоды на растениях отсутствовали.

Через 7 дней после начала инкубации на питательной среде КГА с фрагментами растительной ткани сформировался серо-оливковый слабоопушенный прижатый воздушный мицелий (рис. 3).

Микроскопирование образцов на наличие морфологических структур гриба показало, что пикниды и спороношение отсутствовали. Дальнейшая видовая идентификация проводилась с использованием молекулярно-генетического метода.

На основании сравнительного анализа последовательностей участка внутреннего транскрибируемого спейсера была построена дендрограмма, в которой близкородственные виды рода *Diaporthe* кластеризуются в 6 групп, одна из которых представлена двумя видами: *D. conorum* и *D. columnaris* (рис. 4). Было показано, что исследуемый

were small, oblong, black necrosis (Fig. 2). There were no fruits on the plants.

7 days after the start of incubation on the PDA nutrient medium with fragments of plant tissue, a gray-olive, slightly pubescent, compressed aerial mycelium was formed (Fig. 3).

Microscopic examination of the samples for the presence of morphological structures of the fungus showed that pycnidia and sporulation were absent. Further species identification was carried out using the molecular genetic method.

Based on a comparative analysis of the sequences of the internal transcribed spacer, a dendrogram was constructed in which closely related species of the genus *Diaporthe* are clustered into 6 groups, one of which is represented by two species: *D. conorum* and *D. columnaris* (Fig. 4). It was shown that the studied isolate (MW969734 *D. vaccinii*_vniikr_isolate_495_1) belongs to the group including *D. vaccinii*. Intraspecific diversity was noted within this group.

The closest to the studied species is *Diaporthe eres* Nitschke. When studying sequences with a length of 578 bp, 7 sites were found that allow to separate these

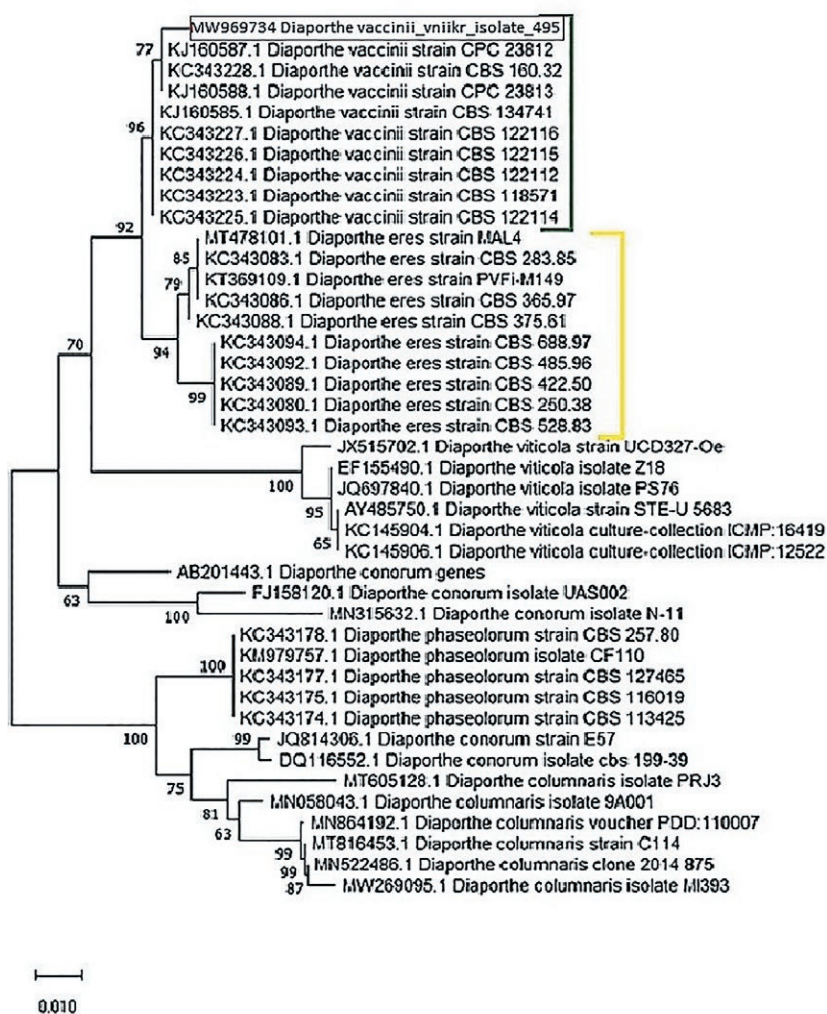


Рис. 4. Дендрограмма сравнения видов рода *Diaporthe*, ассоциированных с растениями рода *Vaccinium*

Fig. 4. Dendrogram for comparing species of the genus *Diaporthe* associated with plants of the genus *Vaccinium*

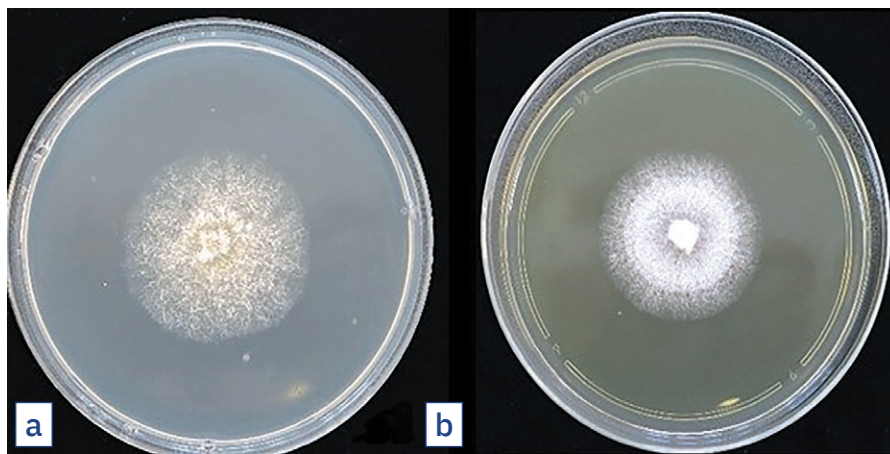


Рис. 5. Колония *D. vaccinii* на 4-е сутки:
а – на КГА; б – на МА
(фото Ю.В. Цветковой)

Fig. 5. Colony of *D. vaccinii* on the 4th day:
a – on PDA; b – on MA
(photo by Yu.V. Tsvetkova)

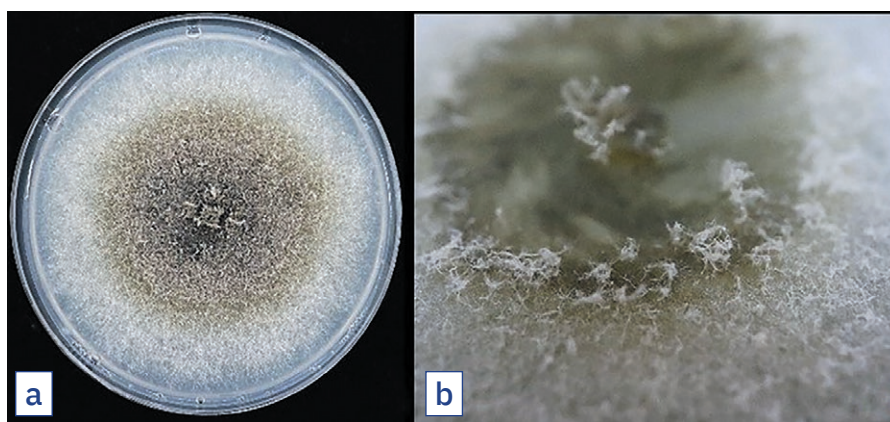


Рис. 6. *D. vaccinii* на КГА на 9-е сутки:
а – колония; б – центр колонии
(фото Ю.В. Цветковой)

Fig. 6. *D. vaccinii* on PDA on the 9th day:
a – colony; b – center of the colony
(photo by Yu.V. Tsvetkova)

изолят (MW969734 *D. vaccinii*_vniikr_isolate_495_1) относится к группе, включающей *D. vaccinii*. Внутри данной группы было отмечено внутривидовое разнообразие.

Наиболее близким к исследуемому виду является *Diaporthe eres* Nitschke. При изучении последовательностей длиной 578 п. о. было обнаружено 7 участков, позволяющих разделить данные виды: 5 транзаций и 2 инсерции у *D. eres*. При этом в одной из инсерций у части изолятов *D. eres* присутствовал гуанин, а у остальных изолятов – аденин. У тех изолятов, у которых присутствовал аденин, инсерция была фрагментом tandemного повтора.

В анализируемом участке также были обнаружены фрагменты, которые, наоборот, свидетельствуют о сходстве видов. Так, у части изолятов вида *D. eres* во фрагменте имеется тимин, у части – цитозин, а у *D. vaccinii* – тимин. Было обнаружено 7 аналогичных замен, 6 из которых представляют собой транзакции и 1 – трансверсию.

species: 5 transitions and 2 insertions in *D. eres*. At the same time, guanine was present in one of the insertions in some *D. eres* isolates, and adenine in the remaining isolates. In those isolates in which adenine was present, the insertion was a fragment of a tandem repeat.

In the analyzed area, fragments were also found, which, on the contrary, indicate the similarity of species. Thus, some isolates of the species *D. eres* have thymine in the fragment, some have cytosine, and *D. vaccinii* have thymine. 7 similar substitutions were found, 6 of which represent transitions and 1 – transversion.

Considering that insertions occur less frequently than single nucleotide substitutions and are more significant for the DNA region, the universal primers ITS5/ITS4 can be used for preliminary identification of *D. vaccinii*.

After species identification, a comparative analysis of the culture morphological features of the species *D. vaccinii* was carried out on nutrient media PDA and MA.

The initial growth of the fungus culture on the 4th day on potato dextrose and malt agars differed in color and growth of aerial mycelium. On PDA, the isolate was characterized by a light brown colony, a slightly pubescent mycelium structure, a uniform flat surface, and pycnidia were absent. On MA, the fungus had a light beige mycelium color, a medium pubescent structure, an inhomogeneous concentric surface, and also the absence of fruiting bodies. The diameter of the colonies

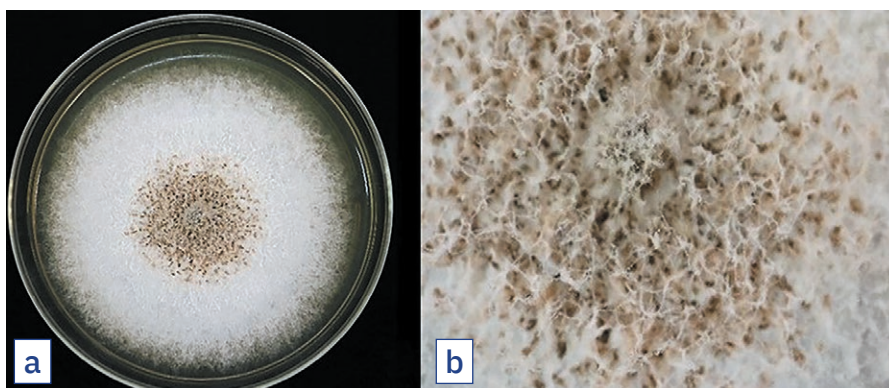


Рис. 7. *D. vaccinii* на МА на 9-е сутки:
а – колония; б – центр колонии
(фото Ю.В. Цветковой)

Fig. 7. *D. vaccinii* on MA on the 9th day:
a – colony; b – center of the colony
(photo by Yu.V. Tsvetkova)

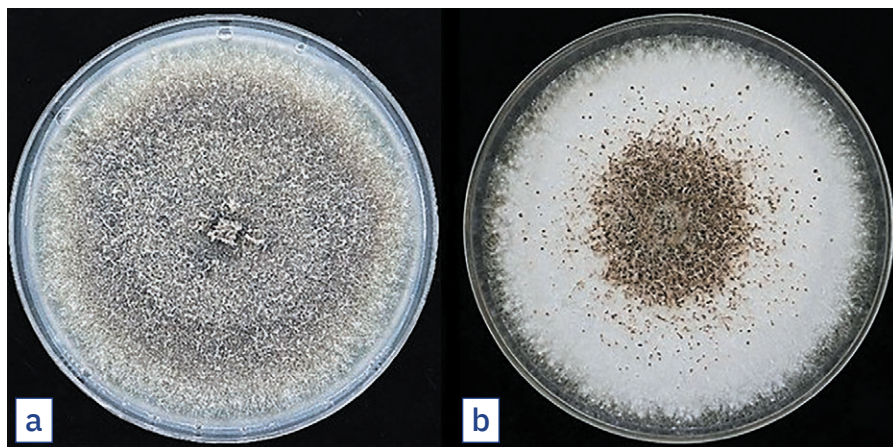


Рис. 8. Колония *D. vaccinii* на 14-е сутки:
а – на КГА; б – на МА
(фото Ю.В. Цветковой)

Fig. 8. Colony of *D. vaccinii* on the 14th day:
а – on PDA; б – on MA
(photo by Yu.V. Tsvetkova)

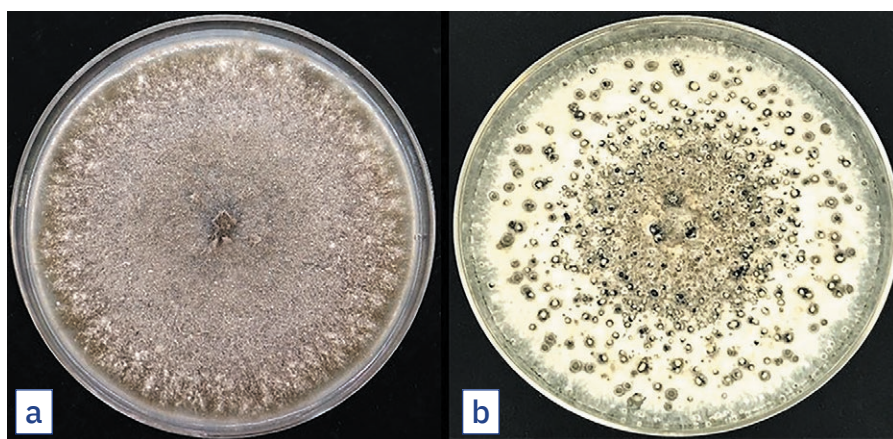


Рис. 9. Колония *D. vaccinii* на 21-й день:
а – на КГА; б – на МА
(фото Ю.В. Цветковой)

Fig. 9. Colony of *D. vaccinii* on the 21st day:
а – on the PDA; б – on MA
(photo by Yu.V. Tsvetkova)

Учитывая, что инсерции происходят реже од-
нонуклеотидных замен и являются более значи-
мыми для участка ДНК, универсальные праймеры
ITS5/ITS4 можно использовать для предваритель-
ной идентификации вида *D. vaccinii*.

После видовой идентификации был проведен
сравнительный анализ культурально-морфологи-
ческих особенностей вида *D. vaccinii* на питательных
средах КГА и МА.

Начальный рост культуры гриба на 4-й день на
картофельно-глюкозном и солодовом агаре разли-
чался по окраске и росту воздушного мицелия. На
КГА изолят характеризовался светло-коричневым
цветом колонии, слабоопушенным строением ми-
целия, однородной ровной поверхностью, пикниды
отсутствовали. На МА гриб имел светло-бежевый
цвет мицелия, среднеопушенное строение, неод-
нородную концентрическую поверхность, также
отсутствие плодовых тел. Диаметр колоний на КГА
составил $2 \pm 0,05$ см, на МА – $1,9 \pm 0,1$ см (рис. 5).

На 9-й день активный рост изолята замедлил-
ся. Диаметр колонии на КГА составил $8 \pm 0,2$ см, на
МА – $7,5 \pm 0,3$ см. Изолят *D. vaccinii* на КГА характе-
ризовался среднеопушенным строением, темно-се-
рым цветом воздушного мицелия с переходящим
бежевым краем, без образования пикнид, обратная
сторона (реверзум) – серой окраски с бежевым кра-
ем (рис. 6).

on PDA was 2 ± 0.05 cm, on MA –
 1.9 ± 0.1 cm (Fig. 5).

On the 9th day, the active
growth of the isolate slowed
down. The diameter of the colony
on CHA was 8 ± 0.2 cm, on MA –
 7.5 ± 0.3 cm. The isolate of *D. vac-*
cinii on PDA was characterized by
a medium pubescent structure,
a dark gray color of aerial myce-
lium with a passing beige edge,
without pycnidia formation, re-
verse side (reverser) – gray with
a beige edge (Fig. 6).

The isolate behaved diffe-
rently on malt agar. The colony
of the fungus was characteri-
zed by a slightly pubescent struc-
ture with a brown-pink raised center
with an even white filamentous
mycelium, the reversum was
poorly visible. The formation of
dense mycelial structures in the
middle of the fungal colony was
noted (Fig. 7).

On the 14th day, the growth
of the fungus colony on nutri-
ent media was completed and
reached the edge of the plate. On
the PDA, the aerial mycelium of
the *D. vaccinii* colony had a dark
gray-olive color in the center,
turning into a light olive edge, a
medium pubescent structure, a
homogeneous structure, and a
dark gray reversum. There were
no dense mycelial structures on
this medium.

On malt agar, the colony of
the fungus had a beige-brown raised center with a rol-
ling milky edge, a slightly pubescent structure, an in-
homogeneous structure, and a beige-yellow reversum.
The initial development of pycnidial structures of the
fungus in the center of the colony was observed (Fig. 8).

On the 21st day, the color and structure of the fun-
gus colonies on two nutrient media did not change.
On malt agar, numerous developments of pycnidia
semi-submerged into the substrate was noted, with the
release of the milky mass of fungal spores from the center
of the pycnidia (Fig. 9).

Thus, in the study, *D. vaccinii* isolate had a devel-
oped aerial mycelium and an average growth rate on
two nutrient media – PDA and MA (1 cm per day). For
the development of pycnidia and conidia, MA medium
turned out to be preferable, which is an important fac-
tor for quick and reliable identification of the pathogen
during the initial diagnosis of regulated plant produc-
tion in laboratory conditions.

Further microscopic examination of pure cul-
tures of the fungus on malt agar revealed pycnidia:
dark, spherical, flat at the base, semi-submerged, lo-
cated over the entire surface, with a decrease in their

На солодовом агаре изолят проявлял себя иначе. Колония гриба характеризовалась слабоопушенным строением с коричнево-розовым приподнятым центром с ровным белым нитевидным мицелием, реверзум слабо просматривался. Отмечалось образование плотных мицелиальных структур в середине колонии гриба (рис. 7).

На 14-е сутки рост колонии гриба на питательных средах завершился и достиг края чашки. На КГА воздушный мицелий колонии *D. vaccinii* имел в центре темно-серо-оливковый цвет, переходящий в светло-оливковый край, среднеопушенное строение, однородную структуру, реверзум темно-серой окраски. Плотные мицелиальные структуры на данной среде отсутствовали.

На солодовом агаре колония гриба имела бежево-коричневый приподнятый центр с переходящим молочным краем, слабоопушенное строение, неоднородную структуру, реверзум бежево-желтой окраски. Наблюдалось начальное развитие пикнидиальных структур гриба в центре колонии (рис. 8).

На 21-й день цвет и строение колоний гриба на двух питательных средах не изменились.

number in the direction from the center to the edge of the cup, single-layer, 0.5–3 mm in diameter, emitting a mass of cream-colored conidia (Fig. 10–11).

After the 21st day of incubation, 2 types of conidia were formed in pycnidia: alpha-conidia (α) – hyaline, unicellular, oblong, ellipsoidal – and beta-conidia (β) – unicellular with bends or almost straight, filiform, hooked, hyaline. Dimensions α -conidia varied within $6.6\text{--}10.6 \times 2.6\text{--}4.1 \mu\text{m}$, on average $8.2 \pm 0.8 \times 3.4 \pm 0.4 \mu\text{m}$. The size of β -conidia was $12.7\text{--}24.6 \times 1.3\text{--}1.7 \mu\text{m}$, on average $17.9 \pm 2.7 \times 1.5 \pm 0.2 \mu\text{m}$ (Fig. 12).

Thus, the species *D. vaccinii* is characterized by pycnidia containing 2 types of hyaline non-septic alpha and beta conidia. Since beta-conidia are not always formed, the diagnosis of the pathogen is difficult and requires additional confirmation using molecular genetic methods.

CONCLUSION

In the course of laboratory studies, in the regulated production of cranberry seedlings samples, the pathogen of blight of blueberry *D. vaccinii* was isolated and identified.



Рис. 10. Полупогруженные пикниды *D. vaccinii* на среде МА, выделяющие массу конидий (увеличение в 4 раза) (фото А.В. Камченкова)



Fig. 10. Semi-submerged pycnidia of *D. vaccinii* on MA medium, emitting a mass of conidia. 4x (photo by A.V. Kamchenkov)

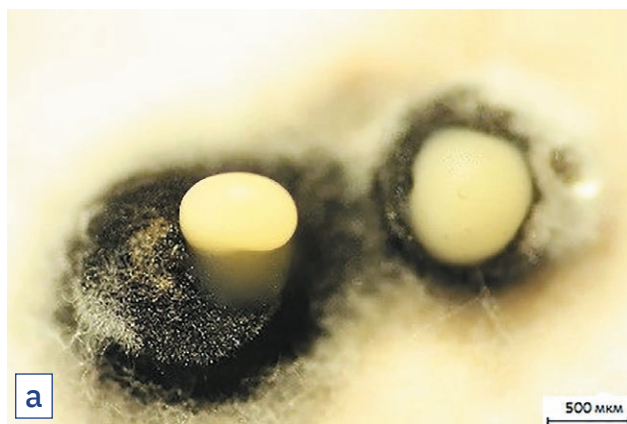


Рис. 11. Полупогруженные пикниды *D. vaccinii* на среде МА: а – пикниды, выделяющие массу конидий; б – незрелая пикнида (увеличение в 4 раза) (фото А.В. Камченкова)



Fig. 11. Semi-submerged pycnidia of *D. vaccinii* on MA medium: a – pycnidia, emitting a mass of conidia; b – immature pycnidia. 4x (photo by A.V. Kamchenkov)

На солодовом агаре отмечалось многочисленное развитие полупогруженных в субстрат пикнид, с выделением из центра пикнид молочной массы спор гриба (рис. 9).

Таким образом, в исследовании изолят *D. vaccinii* имел развитый воздушный мицелий и среднюю скорость роста на двух питательных средах – КГА и МА (1 см в сутки). Для развития пикнид и конидий предпочтительней оказалась среда МА, что является важным фактором для быстрой и надежной идентификации патогена при начальной диагностике подкарантинной продукции растений в лабораторных условиях.

При дальнейшем микроскопировании чистых культур гриба на солодовом агаре выявлены пикниды: темные, сферические, плоские у основания, полупогруженные, расположенные по всей поверхности, с уменьшением их числа по направлению от центра к краю чашки, однослойные, диаметром 0,5–3 мм, выделяющие массу конидий кремового цвета (рис. 10–11).

После 21-го дня инкубирования в пикнидах формировались 2 типа конидий: альфа-конидии (α) – гиалиновые, одноклеточные, продолговатые, эллипсоидные – и бета-конидии (β) – одноклеточные с изгибами или почти прямые, нитевидные, крючковатые, гиалиновые. Размеры α -конидий варьировали в пределах $6,6\text{--}10,6 \times 2,6\text{--}4,1$ мкм, в среднем $8,2 \pm 0,8 \times 3,4 \pm 0,4$ мкм. Размер β -конидий составил $12,7\text{--}24,6 \times 1,3\text{--}1,7$ мкм, в среднем $17,9 \pm 2,7 \times 1,5 \pm 0,2$ мкм (рис. 12).

Таким образом, вид *D. vaccinii* характеризуется пикнидами, содержащими 2 типа гиалиновых неспитированных альфа- и бета-конидий. Так как бета-конидии образуются не всегда, диагностика патогена затруднена и требует дополнительного подтверждения с использованием молекулярно-генетических методов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе лабораторных исследований в подкарантинной продукции образцов саженцев клюквы был выделен и идентифицирован возбудитель вязкой гнили черники *D. vaccinii*.

После предварительной идентификации, основанной на симптоматических и морфологических признаках, было проведено секвенирование участка ITS с подтверждением видовой принадлежности патогена. Результаты анализа нуклеотидных последовательностей исследуемых и близкородственных видов представлены в виде дендрограммы, включающей 6 групп фомопсисных грибов, связанных с растениями рода *Vaccinium*.

В процессе изучения патогена была определена оптимальная питательная среда для роста и споруляции – солодовый агар (МА). При наблюдении за чистой культурой на 21-й день инкубации было выявлено образование плодовых тел гриба – пикнид с массой слизистых α - и β -конидий.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод о необходимости продолжения изучения культурально-морфологических признаков *D. vaccinii* и близкородственных видов рода *Diaporthe* с применением различных питательных сред, а также способов воздействия факторами среды, с целью быстрого формирования диагностически значимых структур гриба для достоверной идентификации.

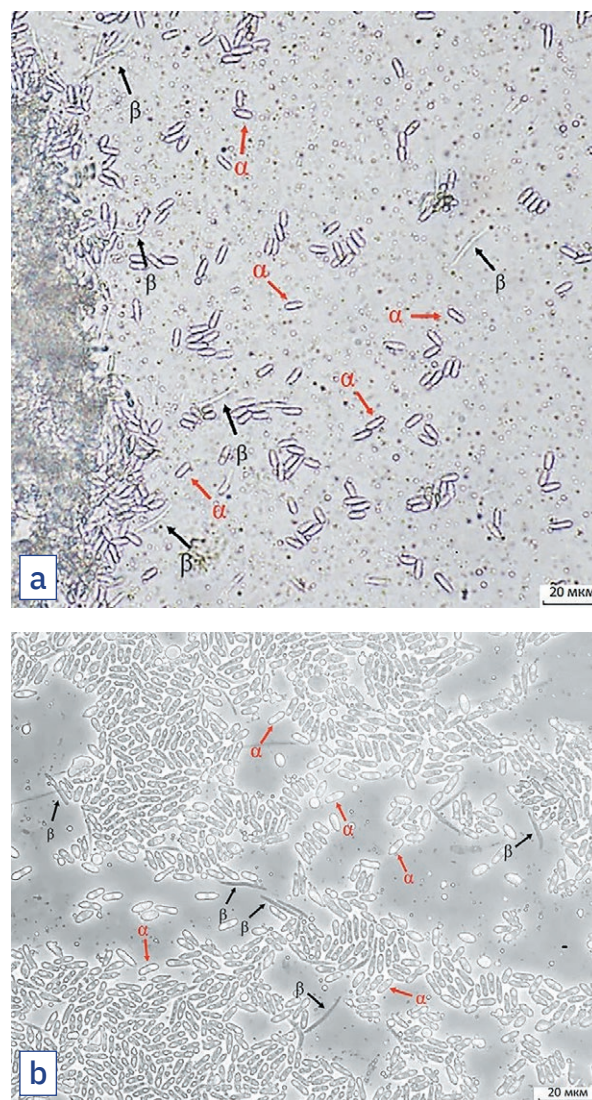


Рис. 12. Конидии *D. vaccinii*: а – альфа (α); б – бета (β) (увеличение в 40 раз) (фото А.В. Камченкова)

Fig. 12. Conidia of *D. vaccinii*: a – alpha (α); b – beta (β). 40x (photo by A.V. Kamchenkov)

After preliminary identification based on symptomatic and morphological signs, the ITS site was sequenced to confirm the species of the pathogen. The results of the nucleotide sequences analysis of the studied and closely related species are presented in the form of a dendrogram, including 6 groups of *Phomopsis* fungi associated with plants of the genus *Vaccinium*.

In the process of studying the pathogen, the optimal nutrient medium for growth and sporulation was determined – malt agar (MA). When observing a pure culture on the 21st day of incubation, the formation of fruiting bodies of the fungus – pycnidia with a mass of mucous α - and β -conidia.

As a result of the conducted studies, it can be concluded that it is necessary to continue the study of the culture morphological characters of *D. vaccinii* and closely related species of the genus *Diaporthe* using various nutrient media, as well as methods of exposure to environmental factors, in order to quickly form

Исследование показало, что для своевременного обнаружения и точной диагностики вида *D. vaccinii* рекомендуется использовать комплексный подход, основанный на применении визуального, биологического и молекулярно-генетического методов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Латков Н., Видякин А., Коржук А., Латкова Е., 2020. Анализ и перспективы развития ягодного растениеводства в РФ. – International agricultural journal, № 6: 47–58.
2. EFSA PLH Panel (EFSA Panel on Plant Health), 2014. Scientific Opinion on the pest categorisation of *Diaporthe vaccinii* Shear. – EFSA Journal, 12 (7): 3774, 28. DOI: 10.2903/j.efsa.2014.3774.
3. EPPO Standard PM 7/86 (1) “*Diaporthe vaccinii*”, 2009. – EPPO Bulletin, 39: 18–24. DOI: org/10.1111/j.1365-2338.2009.02245.x.
4. Farr D., Castlebury L., Rossman A., 2002. Morphological and molecular characterization of *Phomopsis vaccinii* and additional isolates of *Phomopsis* from blueberry and cranberry in the eastern United States. – Mycologia, 94 (3): 494–504. DOI: 10.2307/3761783.
5. Friend R. and Boone D., 1968. *Diaporthe vaccinii* associated with dieback of cranberry in Wisconsin. – Plant Disease Reporter, 52: 341–344.
6. Michalecka M., Bryk H., Seliga P., 2017. Identification and characterization of *Diaporthe vaccinii* Shear causing upright dieback and viscid rot of cranberry in Poland. – Eur. J. Plant Pathol., 148: 595–605. DOI: org/10.1007/s10658-016-1114-4.
7. Weingartner D., Klos E., 1975. Etiology and symptomatology of canker and dieback diseases on highbush blueberries caused by *Godronia (Fusicoccum) cassandrae* and *Diaporthe (Phomopsis) vaccinii*. – Phytopathology, 65: 105–110. DOI 10.1094/Phyto-65-105.
8. White T., Bruns T., Lee S., Taylor J., 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis M., Gelfand D., Sninsky J., White T. (eds.). Pcr protocols, a guide to methods and applications. – San Diego: Academic Press: 315–322. DOI: org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1.
9. EPPO, 2020. – URL: <https://gd.eppo.int/taxon/DIAPVA/distribution> (дата обращения: 02.03.2020).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кузнецова Анна Александровна, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией микологии ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; e-mail: kyyznec@bk.ru.

Цветкова Юлия Владиславовна, младший научный сотрудник лаборатории микологии ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; аспирант биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия; ORCID 0000-0002-4334-9224, SPIN-код 2744-1123, e-mail: yutska@mail.ru.

Камченков Александр Владимирович, агроном лаборатории микологии ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия; e-mail: akamchenkov@mail.ru.

diagnostically significant fungal structures for reliable identification.

The study showed that for the timely detection and accurate diagnosis of *D. vaccinii*, it is recommended to use an integrated approach based on the use of visual, biological and molecular genetic methods.

REFERENCES

1. Latkov N., Vidyakin A., Korzhuk A., Latkova E. Analysis and prospects for the development of berry crop production in the Russian Federation [Analiz i perspektivy razvitiya yagodnogo rasteniyevodstva v RF]. International agricultural journal. 2020; 6: 47–58 (in Russian).
2. EFSA PLH Panel (EFSA Panel on Plant Health). Scientific Opinion on the pest categorisation of *Diaporthe vaccinii* Shear. EFSA Journal, 2014; 12 (7): 3774, 28. DOI: 10.2903/j.efsa.2014.3774.
3. EPPO Standard PM 7/86 (1) “*Diaporthe vaccinii*”. EPPO Bulletin, 2009; 39: 18–24. DOI: org/10.1111/j.1365-2338.2009.02245.x.
4. Farr D., Castlebury L., Rossman A. Morphological and molecular characterization of *Phomopsis vaccinii* and additional isolates of *Phomopsis* from blueberry and cranberry in the eastern United States. Mycologia, 2002; 94 (3): 494–504. DOI: 10.2307/3761783.
5. Friend R. and Boone D. *Diaporthe vaccinii* associated with dieback of cranberry in Wisconsin. Plant Disease Reporter, 1968; 52: 341–344.
6. Michalecka M., Bryk H., Seliga P. Identification and characterization of *Diaporthe vaccinii* Shear causing upright dieback and viscid rot of cranberry in Poland. Eur. J. Plant Pathol., 2017; 148: 595–605. DOI: org/10.1007/s10658-016-1114-4.
7. Weingartner D., Klos E. Etiology and symptomatology of canker and dieback diseases on highbush blueberries caused by *Godronia (Fusicoccum) cassandrae* and *Diaporthe (Phomopsis) vaccinii*. Phytopathology, 1975; 65: 105–110. DOI 10.1094/Phyto-65-105.
8. White T., Bruns T., Lee S., Taylor J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis M., Gelfand D., Sninsky J., White T. (eds.). Pcr protocols, a guide to methods and applications. San Diego: Academic Press: 1990; 315–322. DOI: org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1.
9. EPPO, 2020. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/DIAPVA/distribution> (last accessed: 02.03.2020).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anna Kuznetsova, Senior Researcher, Head of Mycology Laboratory, Testing Laboratory Center, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; e-mail: kyyznec@bk.ru.

Yulia Tsvetkova, Junior Researcher, Mycology Laboratory, Testing Laboratory Center, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; postgraduate student of the Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; ORCID 0000-0002-4334-9224, SPIN-code 2744-1123, e-mail: yutska@mail.ru.

Alexander Kamchenkov, Agronomist, Mycology Laboratory, Testing Laboratory Center, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; e-mail: akamchenkov@mail.ru.

Разработка новых ПЦР-тестов для диагностики возбудителя черного бактериоза зерновых культур *Xanthomonas translucens*

О.Ю. СЛОВАРЕВА¹, Е.В. СТАРИКОВА^{1,2},
М. МУВИНГИ³

¹ ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. Раменское, Московская область, Россия

² ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр физико-химической медицины Федерального медико-биологического агентства» (ФГБУ «ФНКЦ ФХМ ФМБА России»), г. Москва, Россия

³ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (ФГАОУ ВО «РУДН»), г. Москва, Россия

¹ ORCID 0000-0001-6022-5955,
e-mail: slovareva.olga@gmail.com

² ORCID 0000-0001-6582-210X,
e-mail: hed.robin@gmail.com

³ ORCID 0000-0001-7700-1296,
e-mail: mufaromuvingi@gmail.com

АННОТАЦИЯ

С целью разработки ПЦР-тестов, позволяющих идентифицировать значимый для экспорта российской зерновой продукции фитопатоген *Xanthomonas translucens*, был произведен поиск подходящей ПЦР-мишени. В результате биоинформатического анализа аннотированных белков, соответствующих кодирующим последовательностям 10 геномных сборок целевой бактерии – *Xanthomonas translucens* – и 161 геномной сборки 25 других видов бактерий рода *Xanthomonas*, загруженным из NCBI GenBank в марте 2020 г., обнаружили 6 участков генома, специфичных для *Xanthomonas translucens* и подходящих для использования в качестве ПЦР-мишени. Нуклеотидные последовательности этих генов использовали для разработки праймеров.

Для найденных последовательностей разработано 12 пар праймеров – 1F8/1R8, 1F10/1R10, 2F6/2R6, 3F3/3R3, 3F5/3R5, 3F9/3R9, 4F1/4R1, 4F3/4R3, 5F3/5R3, 5F6/5R6, 6F6/6R6 и 6F10/6R10, видоспецифичность которых в ходе исследования апробирована с 35 штаммами бактерий рода *Xanthomonas*, включая *Xanthomonas translucens*. Анализ результатов проведенной ПЦР и выравнивания полученных нуклеотидных последовательностей продуктов ПЦР с помощью алгоритма BLAST на базе NCBI показал, что пары праймеров 1F8/1R8, 1F10/1R10, 4F1/4R1, 5F6/5R6 и 6F10/6R10 являются пригодными для их применения в диагностике возбудителя черного бактериоза зерновых культур *Xanthomonas translucens*. Новые ПЦР-тесты могут стать

Development of new PCR tests for diagnostics of the agent of bacterial leaf streak of wheat *Xanthomonas translucens*

O.YU. SLOVAREVA¹, E.V. STARIKOVA^{1,2},
M. MUVINGI³

¹ FGBU "All-Russian Plant Quarantine Center" (FGBU "VNIICR"), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia

² FGBU "Federal Research and Clinical Center of Physical-Chemical Medicine Federal Medical Biological Agency" (FGBU "SRI PCM FMBA of Russia"), Moscow, Russia

³ FGAOU VO "Peoples' Friendship University of Russia" (FGAOU VO "RUDN"), Moscow, Russia

¹ ORCID 0000-0001-6022-5955,
e-mail: slovareva.olga@gmail.com

² ORCID 0000-0001-6582-210X,
e-mail: hed.robin@gmail.com

³ ORCID 0000-0001-7700-1296,
e-mail: mufaromuvingi@gmail.com

ABSTRACT

In order to develop PCR tests that allow identifying the phytopathogen *Xanthomonas translucens*, which is significant for the export of Russian grain products, a search was made for a suitable PCR target. As a result of bioinformatic analysis of annotated proteins corresponding to the coding sequences of 10 genomic assemblies of the target bacterium – *Xanthomonas translucens* – and 161 genomic assemblies of 25 other species of bacteria of the genus *Xanthomonas*, downloaded from NCBI GenBank in March 2020, 6 genome regions specific for *Xanthomonas translucens* and suitable for use as a PCR target. The nucleotide sequences of these genes were used to design primers.

For the discovered sequences, 12 pairs of primers were developed – 1F8/1R8, 1F10/1R10, 2F6/2R6, 3F3/3R3, 3F5/3R5, 3F9/3R9, 4F1/4R1, 4F3/4R3, 5F3/5R3, 5F6/5R6, 6F6/6R6 and 6F10/6R10, the species-specificity of which was tested in the course of the study with 35 strains of bacteria of the genus *Xanthomonas*, including *Xanthomonas translucens*. Analysis of the results of the PCR performed and the alignment of the obtained nucleotide sequences of the PCR products using the BLAST algorithm based on the NCBI showed that the primer pairs 1F8/1R8, 1F10/1R10, 4F1/4R1, 5F6/5R6, and 6F10/6R10 are suitable for their use in the diagnosis of the pathogen causing bacterial leaf

частью решения проблемы установления фитосанитарного состояния партий российской продукции зерна, а также позволят проводить обследование территорий Российской Федерации и досмотр партий подкарантинной продукции.

Ключевые слова. Экспорт зерна, карантин растений, фитосанитарные требования, ПЦР, диагностика бактериозов зерновых культур, биоинформатический геномный анализ, скрипт на Python, секвенирование.

ВВЕДЕНИЕ

Зерно и изготавливаемые из него продукты являются одними из основных источников питания населения в России (<https://rosstat.gov.ru>, 2021) и в мире (Каменева, 2018). В течение последних 10 лет Россия входит в тройку крупнейших мировых экспортеров продукции зерновых культур, в частности пшеницы и ячменя (<https://www.exportcenter.ru/>, 2021). Вместе с тем экспорт зерна является основной статьей продовольственного бизнеса в России (Slovareva, 2020). Импортёры российского зерна предъявляют к качеству ввозимой продукции ряд требований, в том числе к ее фитосанитарному состоянию. Карантинные перечни ряда стран – импортёров российской продукции зерновых культур содержат возбудителей бактериозов, в частности *Xanthomonas translucens*. Согласно литературным источникам, бактерии вида *X. translucens* распространены на территории Российской Федерации (Slovareva, 2020; <https://gd.eppo.int>, 2021). Вид *X. translucens* по отношению к растениям-хозяевам разделен на патовары, все патовары при этом являются серьезной угрозой для производства зерновых культур (Sapkota et al., 2020).

В требования стран-импортёров вошли 4 патовара (табл. 1) (http://portal.fsvps.ru/sites/fsvps/documents/1485966841778_phyto_vred_nigeria.pdf, 2021; http://portal.fsvps.ru/sites/fsvps/documents/1485966741302_phyto_requirements_egypt.pdf, 2021; <https://gd.eppo.int>, 2021).

X. translucens pv. *translucens*, возбудитель черного бактериоза ячменя, поражает, кроме ячменя, пшеницу и рожь, а также луговые злаковые травы.

X. translucens pv. *graminis*, возбудитель бактериального увядания зерновых культур, поражает злаки, включая пшеницу, рожь и ячмень.

X. translucens pv. *cerealis*, возбудитель черного бактериоза ржи, поражает пшеницу, рожь, ячмень и овес.

X. translucens pv. *undulosa*, возбудитель черного бактериоза пшеницы, поражает пшеницу и ячмень (Sharma et al., 2019; Ledman, 2020).

Объем экспорта российского зерна по коду ТН ВЭД 1001 (пшеница и меслин) в Египет составил за период 2018–2020 гг. в среднем 8 млн тонн в год, в Иорданию – 112 тыс. тонн, в Турцию – 6 млн тонн, в Марокко – 500 тыс. тонн, в Нигерию – 1,5 млн тонн. В Мексику поставлено 994 тыс. тонн зерна по

streak of wheat, *Xanthomonas translucens*. New PCR tests can become part of the solution to the problem of establishing the phytosanitary state of consignments of Russian grain products, and will also make it possible to inspect the territories of the Russian Federation and inspect consignments of regulated products.

Keywords. Grain export, plant quarantine, phytosanitary requirements, PCR, diagnostics of bacterial leaf streak of wheat, bioinformatic genomic analysis, Python script, sequencing.

INTRODUCTION

Grain and grain products are one of the main sources of nutrition for the population in Russia (<https://rosstat.gov.ru>, 2021) and in the world (Kameneva, 2018). Over the past 10 years, Russia has been one of the three largest world exporters of cereal products, in particular wheat and barley (<https://www.exportcenter.ru/>, 2021). At the same time, grain export is the main item of the food business in Russia (Slovareva, 2020). Importers of Russian grain impose a number of requirements on the quality of imported products, including their phytosanitary condition. Quarantine lists of some countries importing Russian grain products contain bacteriosis pathogens, in particular *Xanthomonas translucens*. According to academic papers, bacteria of the species *X. translucens* are widespread in the territory of the Russian Federation (Slovareva, 2020; <https://gd.eppo.int>, 2021). The species *X. translucens* in relation to host plants is divided into pathovars, while all pathovars are a serious threat to the production of grain crops (Sapkota et al., 2020).

The requirements of the importing countries include 4 pathovars (Table 1) (http://portal.fsvps.ru/sites/fsvps/documents/1485966841778_phyto_vred_nigeria.pdf, 2021; http://portal.fsvps.ru/sites/fsvps/documents/1485966741302_phyto_requirements_egypt.pdf, 2021; <https://gd.eppo.int>, 2021).

X. translucens pv. *translucens*, bacterial leaf streak of barley, apart from barley, infects wheat and rye, as well as meadow grasses.

X. translucens pv. *graminis*, bacterial wilt of grasses, infects cereals, including wheat, rye and barley.

X. translucens pv. *cerealis*, bacterial streak of grasses, infects wheat, rye, barley and oats.

X. translucens pv. *undulosa*, bacterial leaf streak of wheat, infects wheat and barley (Sharma et al., 2019; Ledman, 2020).

Over the period of 2018–2020, the export volume of Russian grain under the TN VED 1001 code (wheat and meslin) to Egypt amounted to 8 million tons per year, on average, to Jordan 112 thousand tons, to Turkey – 6 million tons, Morocco – 500 thousand tons, to Nigeria – 1.5 million tons. 994 thousand tons of grain were delivered to Mexico under the TN VED 1001 code in 2018 and 99 tons in 2019 (<https://rosstat.gov.ru>).

коду ТН ВЭД 1001 в 2018 г. и 99 тонн в 2019 г. (<https://rosstat.gov.ru>). Данные показывают, что Российская Федерация экспортирует зерно в страны, для которых отсутствие *X. translucens* в продукции является обязательным.

В то же время методики идентификации *X. translucens* отсутствуют, а методы идентификации сводятся либо к классическому микробиологическому анализу, не дающему возможность достоверно провести идентификацию даже до вида, либо к геномному анализу, требующему специализированного оборудования и навыков.

В связи с потребностью в обеспечении соответствия фитосанитарного состояния российской продукции зерновых культур требованиям стран-импортеров проведено исследование, целью которого являлась разработка методов ПЦР для идентификации *X. translucens*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Одной из основных и наиболее сложных задач при разработке диагностических методов на основе полимеразной цепной реакции (ПЦР) являлся поиск нуклеотидной последовательности,

The data show that the Russian Federation exports grain to countries for which the absence of *X. translucens* in production is mandatory.

At the same time, there are no identification methods for *X. translucens*, and identification methods are reduced either to classical microbiological analysis, which does not make it possible to reliably carry out identification even to a species, or to genomic analysis, which requires specialized equipment and skills.

Due to the need to ensure the compliance of the phytosanitary state of Russian grain products with the requirements of importing countries, a study was carried out to develop PCR methods for the identification of *X. translucens*.

MATERIALS AND METHODS

One of the main and most difficult tasks in the development of diagnostic methods based on polymerase chain reaction (PCR) was the search for a nucleotide sequence corresponding to a region of the *Xanthomonas translucens* genome and suitable for its use as a PCR target.

To search for targets, we used annotated proteins corresponding to the coding sequences of 10 genomic

Таблица 1

Фитосанитарный статус патогенов *Xanthomonas translucens* для стран – импортеров российской продукции зерновых культур

Название бактерии	Страна-импортер	Фитосанитарный статус
<i>Xanthomonas translucens</i> pv. <i>translucens</i>	Египет	Отсутствующий карантинный организм
	Чили	
	Иордания	Ограниченно распространенный карантинный организм
	Турция	
	Марокко	Карантинный организм
	Тунис	
	Нигерия	Запрещен к ввозу на территорию Нигерии
<i>Xanthomonas translucens</i> pv. <i>graminis</i>	Южная Африка	Отсутствующий карантинный организм
	Бразилия	
	Израиль	Карантинный организм
	Египет	Включен в фитосанитарные требования Египта
<i>Xanthomonas translucens</i> pv. <i>cerealis</i>	Мексика	Карантинный организм
<i>Xanthomonas translucens</i> pv. <i>undulosa</i>	Нигерия	Карантинный организм

Table 1

Phytosanitary status of pathovars *Xanthomonas translucens* for countries importing Russian grain products

Name of bacteria	Importing country	Phytosanitary status
<i>Xanthomonas translucens</i> pv. <i>translucens</i>	Egypt	Absent quarantine organism
	Chile	
	Jordan	Limitedly present quarantine organism
	Turkey	
	Morocco	Quarantine organism
	Tunisia	
	Nigeria	Prohibited from import into Nigeria
<i>Xanthomonas translucens</i> pv. <i>graminis</i>	South Africa	Absent quarantine organism
	Brazil	
	Israel	Quarantine organism
	Egypt	Included in the phytosanitary requirements of Egypt
<i>Xanthomonas translucens</i> pv. <i>cerealis</i>	Mexico	Quarantine organism
<i>Xanthomonas translucens</i> pv. <i>undulosa</i>	Nigeria	Quarantine organism

Таблица 2

Геномные сборки штаммов *Xanthomonas translucens* из NCBI RefSeq, использованные для поиска мишеней

№ п/п	Использованные геномные сборки	Штамм	№ п/п	Использованные геномные сборки	Штамм
1	GCF_000313775.1	ART-Xtg29	6	GCF_001269865.1	CFBP 2053
2	GCF_000331775.1	DSM 18974	7	GCF_001282765.1	LMG728
3	GCF_000334075.1	DAR61454	8	GCF_001282805.1	LMG727
4	GCF_000807145.1	CFBP 2541	9	GCF_001282885.1	LMG730
5	GCF_001021935.1	Xtu 4699	10	GCF_001455815.1	XT123

Описание штаммов, указанных в таблице 2, доступно по ссылке: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/>.

Table 2

Genomic assemblies of *Xanthomonas translucens* strains from NCBI RefSeq used for target search

№	Genomic assemblies used	Strain	№	Genomic assemblies used	Strain
1	GCF_000313775.1	ART-Xtg29	6	GCF_001269865.1	CFBP 2053
2	GCF_000331775.1	DSM 18974	7	GCF_001282765.1	LMG728
3	GCF_000334075.1	DAR61454	8	GCF_001282805.1	LMG727
4	GCF_000807145.1	CFBP 2541	9	GCF_001282885.1	LMG730
5	GCF_001021935.1	Xtu 4699	10	GCF_001455815.1	XT123

The description of the strains indicated in Table 2 is available here: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/>.

соответствующей участку генома *Xanthomonas translucens* и подходящей для ее использования в качестве ПЦР-мишени.

Для поиска мишеней использовали аннотированные белки, соответствующие кодирующим последовательностям 10 геномных сборок целевой бактерии – *Xanthomonas translucens* (табл. 2) – и 161 геномной сборки 25 других (нецелевых) видов бактерий рода *Xanthomonas*, не принадлежащих виду *Xanthomonas translucens* (табл. 3), загруженным из NCBI GenBank в марте 2020 г.

Максимально доступную выборку геномных сборок *Xanthomonas translucens*, представленных в таблице 2, использовали для поиска участков генома, идентичного у всех сборок целевой бактерии. Выборку геномных сборок нецелевых бактерий рода *Xanthomonas* использовали для оценки уровня идентичности выбранных генов-мишеней для *Xanthomonas translucens* среди близкородственных бактерий.

Наборы белковых последовательностей для каждой из сборок помечали в соответствии с видом и штаммом и затем кластеризовали с помощью программы CD-HIT (version 4.1), производящей группировку последовательностей по заданному порогу идентичности с использованием коротких подпоследовательностей (k-mer). Заданный порог идентичности составил 70%. Заданный порог допустимой длины последовательности, группирующейся в кластер, составил не менее 80% от

assemblies of the target bacterium – *Xanthomonas translucens* (Table 2) – and 161 genomic assemblies of 25 other (non-target) species of bacteria of the genus *Xanthomonas*, not belonging to the species *Xanthomonas translucens* (Table 3) loaded from NCBI GenBank in March 2020.

The most available set of *Xanthomonas translucens* genomic assemblies presented in Table 2 was used to search for genome regions identical in all assemblies of the target bacterium. A set of genomic assemblies of non-target bacteria of the genus *Xanthomonas* was used to assess the level of identity of selected target genes for *Xanthomonas translucens* among closely related bacteria.

Sets of protein sequences for each of the assemblies were labeled according to the species and strain and then clustered using the CD-HIT program (version 4.1), which groups the sequences according to a given identity threshold using short subsequences (k-mer). The predetermined identity threshold was 70%. The specified threshold for the permissible length of a sequence grouped into a cluster was at least 80% of the longest sequence in a cluster. The used length of k-mer, based on the

incidence of which the degree of similarity of the two sequences in the alignment process is measured, was 5 amino acid residues.

Using a Python script, from the obtained sets of protein clusters, we identified those clusters that contained only protein sequences of *Xanthomonas translucens* and did not contain protein sequences of other analyzed bacterial species. Clusters of *Xanthomonas translucens* protein sequences not found in other analyzed species were compared with a database of known protein sequences (nr) using the BLASTP program to assess their specificity for *Xanthomonas translucens*. Proteins with high (>70% identity) similarity with proteins of other bacterial species not previously included in the analysis, as well as sequences less than 100 amino acid residues in length, were excluded from the analysis. Protein sequences that showed strong variability within the *Xanthomonas translucens* species were also excluded, as not suitable for the development of universal species markers.

Nucleotide sequences of the genes encoding proteins from clusters specific for *Xanthomonas translucens* were used to design primers.

The primers were selected using the Primer-BLAST program (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast>, 2021). Among the parameters for the selection of

наиболее длинной последовательности кластера. Используемая длина k-мер, на основании совпадения которых измеряется степень сходства двух последовательностей в процессе выравнивания, составляла 5 аминокислотных остатков.

С использованием скрипта на языке Python из полученных наборов белковых кластеров идентифицировали те кластеры, которые содержали только белковые последовательности *Xanthomonas translucens* и не содержали белковые последовательности других анализируемых видов бактерий. Кластеры белковых последовательностей *Xanthomonas translucens*, не обнаруженных у других анализируемых видов, сравнивали с базой известных белковых последовательностей (nr) с помощью программы BLASTP для оценки их специфичности для *Xanthomonas translucens*. Из анализа исключали белки, имеющие высокое (>70% идентичности) сходство с белками других бактериальных видов, ранее не включенных в анализ, а также последовательности длиной менее 100 аминокислотных остатков. Также исключали белковые последовательности, показавшие сильную вариабельность в рамках вида *Xanthomonas translucens*, как не подходящие для разработки универсальных видовых маркеров.

Нуклеотидные последовательности генов, кодирующих белки из кластеров, специфичных для *Xanthomonas translucens*, использовали для разработки праймеров.

Праймеры подбирали с использованием программы Primer-BLAST (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast>, 2021). Среди параметров для подбора праймеров следует отметить ограничение длины продукта амплификации 1000 п. о., что связано с методикой и оборудованием, используемыми в рамках данного исследования для последующего анализа полученного ПЦР-продукта. Праймеры синтезировали в ЗАО «Евроген» (Россия).

Апробацию праймеров проводили с ДНК бактериальных штаммов, принадлежащих роду *Xanthomonas*, в том числе *Xanthomonas translucens* (табл. 4).

Таблица 3

Виды бактерий рода *Xanthomonas* и количество их геномных сборок из NCBI RefSeq, использованных для поиска мишеней

№ п/п Вид	Количество сборок	№ п/п Вид	Количество сборок
1 <i>Xanthomonas albilineans</i>	10	14 <i>Xanthomonas hyacinthi</i>	2
2 <i>Xanthomonas axonopodis</i>	10	15 <i>Xanthomonas maltophilia</i>	10
3 <i>Xanthomonas arboricola</i>	10	16 <i>Xanthomonas melonis</i>	3
4 <i>Xanthomonas bromi</i>	2	17 <i>Xanthomonas oryzae</i>	10
5 <i>Xanthomonas campestris</i>	10	18 <i>Xanthomonas phaseoli</i>	10
6 <i>Xanthomonas cassavae</i>	1	19 <i>Xanthomonas pisi</i>	2
7 <i>Xanthomonas citri</i>	10	20 <i>Xanthomonas populi</i>	3
8 <i>Xanthomonas codiae</i>	1	21 <i>Xanthomonas prunicola</i>	3
9 <i>Xanthomonas cucurbitae</i>	2	22 <i>Xanthomonas sacchari</i>	7
10 <i>Xanthomonas dyei</i>	3	23 <i>Xanthomonas theicola</i>	2
11 <i>Xanthomonas euvesicatoria</i>	10	24 <i>Xanthomonas vasicola</i>	10
12 <i>Xanthomonas fragariae</i>	10	25 <i>Xanthomonas vesicatoria</i>	10
13 <i>Xanthomonas hortorum</i>	10		

Table 3

Bacteria species of the genus *Xanthomonas* and the number of their genomic assemblies from NCBI RefSeq used to search for targets

№ Species	Number of assemblies	№ Species	Number of assemblies
1 <i>Xanthomonas albilineans</i>	10	14 <i>Xanthomonas hyacinthi</i>	2
2 <i>Xanthomonas axonopodis</i>	10	15 <i>Xanthomonas maltophilia</i>	10
3 <i>Xanthomonas arboricola</i>	10	16 <i>Xanthomonas melonis</i>	3
4 <i>Xanthomonas bromi</i>	2	17 <i>Xanthomonas oryzae</i>	10
5 <i>Xanthomonas campestris</i>	10	18 <i>Xanthomonas phaseoli</i>	10
6 <i>Xanthomonas cassavae</i>	1	19 <i>Xanthomonas pisi</i>	2
7 <i>Xanthomonas citri</i>	10	20 <i>Xanthomonas populi</i>	3
8 <i>Xanthomonas codiae</i>	1	21 <i>Xanthomonas prunicola</i>	3
9 <i>Xanthomonas cucurbitae</i>	2	22 <i>Xanthomonas sacchari</i>	7
10 <i>Xanthomonas dyei</i>	3	23 <i>Xanthomonas theicola</i>	2
11 <i>Xanthomonas euvesicatoria</i>	10	24 <i>Xanthomonas vasicola</i>	10
12 <i>Xanthomonas fragariae</i>	10	25 <i>Xanthomonas vesicatoria</i>	10
13 <i>Xanthomonas hortorum</i>	10		

the primers, the limitation of the length of the amplification product to 1000 bp should be noted, which is associated with the technique and equipment used in this study for the subsequent analysis of the obtained PCR product. Primers were synthesized at "Evrogen" (Russia).

Таблица 4

Виды бактерий рода *Xanthomonas*, использованные для проверки специфичности методов ПЦР

№ п/п	Название бактерии	№ штамма в коллекции ФГБУ «ВНИИКР»	Происхождение, № штамма в других коллекциях (при наличии)
1	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>raphani</i>	0148	NCPPB 1946
2	<i>Xanthomonas arboricola</i> pv. <i>pruni</i>	0149	AOBC PPSCD
3	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	0226	<i>Brassica oleracea</i>
4	<i>Xanthomonas oryzae</i>	0227	NCPPB 3002
5	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	0228	<i>Brassica oleracea</i>
6	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	0230	<i>Brassica oleracea</i>
7	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	0232	<i>Brassica oleracea</i>
8	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	0234	<i>Brassica oleracea</i>
9	<i>Xanthomonas translucens</i>	0337	DSMZ 18974
10	<i>Xanthomonas euvesicatoria</i>	0338	DSMZ 19128
11	<i>Xanthomonas perforans</i>	0343	DSMZ 18975
12	<i>Xanthomonas gardneri</i>	0344	DSMZ 19127
13	<i>Xanthomonas fragariae</i>	0345	NIB Z125
14	<i>Xanthomonas fragariae</i>	0346	NIB Z126
15	<i>Xanthomonas fragariae</i>	0347	NIB Z127
16	<i>Xanthomonas</i> sp.	0348	NIB Z128
17	<i>Xanthomonas</i> sp.	0373	<i>Allium cepa</i>
18	<i>Xanthomonas vesicatoria</i>	0374	DSMZ 22252
19	<i>Xanthomonas</i> sp.	0375	<i>Vicia</i>
20	<i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzicola</i>	0376	CFBP 2286
21	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>allii</i>	0377	CFBP 6107
22	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>	0386	CFBP 2534
23	<i>Xanthomonas</i> sp.	0394	<i>Trifolium</i>
24	<i>Xanthomonas</i> sp.	0399	<i>Phaseolus vulgaris</i>
25	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>	0400	<i>Phaseolus vulgaris</i>
26	<i>Xanthomonas gardneri</i>	0404	<i>Solanum lycopersicum</i>
27	<i>Xanthomonas vesicatoria</i>	0405	<i>Solanum lycopersicum</i>
28	<i>Xanthomonas campestris</i>	0406	<i>Brassica oleracea</i>
29	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>allii</i>	0419	CFBP 6369
30	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>axonopodis</i>	0420	CFBP 5141
31	<i>Xanthomonas phaseoli</i>	0426	<i>Trifolium</i>
32	<i>Xanthomonas phaseoli</i>	0427	<i>Phaseolus vulgaris</i>
33	<i>Xanthomonas hyacinthi</i>	0446	CFBP 1156
34	<i>Xanthomonas arboricola</i>	0473	DSMZ 50854
35	<i>Xanthomonas citri</i> pv. <i>glycines</i>	0483	CFBP 2526

DSMZ – Немецкая коллекция микроорганизмов и клеточных культур, Ассоциация Лейбница, Германия; AOBC PPSCD – коллекция фитопатогенов лаборатории бактериологии Сельскохозяйственной станции по защите растений и охране почв области Баранья, г. Печ, Венгрия; NCPPB – Национальная коллекция фитопатогенных бактерий, г. Йорк, Великобритания; CFBP – Международный центр микробных ресурсов (CIRM-CFBP); NIB – Национальный институт биологии, г. Любляна, Словения.

Table 4

Bacteria species of the genus *Xanthomonas* used to test the specificity of PCR methods

№	Name of bacteria	Strain № in the collection of FGBU "VNIIEK"	Origin, strain № in other collections (if present)
1	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>raphani</i>	0148	NCPBP 1946
2	<i>Xanthomonas arboricola</i> pv. <i>pruni</i>	0149	AOBC PPSCD
3	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	0226	<i>Brassica oleracea</i>
4	<i>Xanthomonas oryzae</i>	0227	NCPBP 3002
5	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	0228	<i>Brassica oleracea</i>
6	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	0230	<i>Brassica oleracea</i>
7	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	0232	<i>Brassica oleracea</i>
8	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i>	0234	<i>Brassica oleracea</i>
9	<i>Xanthomonas translucens</i>	0337	DSMZ 18974
10	<i>Xanthomonas euvesicatoria</i>	0338	DSMZ 19128
11	<i>Xanthomonas perforans</i>	0343	DSMZ 18975
12	<i>Xanthomonas gardneri</i>	0344	DSMZ 19127
13	<i>Xanthomonas fragariae</i>	0345	NIB Z125
14	<i>Xanthomonas fragariae</i>	0346	NIB Z126
15	<i>Xanthomonas fragariae</i>	0347	NIB Z127
16	<i>Xanthomonas</i> sp.	0348	NIB Z128
17	<i>Xanthomonas</i> sp.	0373	<i>Allium cepa</i>
18	<i>Xanthomonas vesicatoria</i>	0374	DSMZ 22252
19	<i>Xanthomonas</i> sp.	0375	<i>Vicia</i>
20	<i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzicola</i>	0376	CFBP 2286
21	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>allii</i>	0377	CFBP 6107
22	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>	0386	CFBP 2534
23	<i>Xanthomonas</i> sp.	0394	<i>Trifolium</i>
24	<i>Xanthomonas</i> sp.	0399	<i>Phaseolus vulgaris</i>
25	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i>	0400	<i>Phaseolus vulgaris</i>
26	<i>Xanthomonas gardneri</i>	0404	<i>Solanum lycopersicum</i>
27	<i>Xanthomonas vesicatoria</i>	0405	<i>Solanum lycopersicum</i>
28	<i>Xanthomonas campestris</i>	0406	<i>Brassica oleracea</i>
29	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>allii</i>	0419	CFBP 6369
30	<i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>axonopodis</i>	0420	CFBP 5141
31	<i>Xanthomonas phaseoli</i>	0426	<i>Trifolium</i>
32	<i>Xanthomonas phaseoli</i>	0427	<i>Phaseolus vulgaris</i>
33	<i>Xanthomonas hyacinthi</i>	0446	CFBP 1156
34	<i>Xanthomonas arboricola</i>	0473	DSMZ 50854
35	<i>Xanthomonas citri</i> pv. <i>glycines</i>	0483	CFBP 2526

DSMZ – German Collection of Microorganisms and Cell Cultures, Leibniz Association, Germany; AOBC PPSCD – collection of phytopathogens of the bacteriology laboratory of the Agricultural Station for Plant Protection and Soil Protection, Baranja Region, Pecs, Hungary; NCPBP – National Collection of Phytopathogenic Bacteria, York, UK; CFBP – International Center for Microbial Resources (CIRM-CFBP); NIB – National Institute of Biology, Ljubljana, Slovenia.

Для апробации праймеров проводили амплификацию со следующим температурным режимом: начальная денатурация – 5 мин. при 95 °C; затем 40 циклов: 95 °C – 30 с., 60 °C – 30 с. и 72 °C – 60 с.; финальная элонгация – 7 мин. при 72 °C. Состав реакционной смеси: 75–100 нг бактериальной ДНК, прямой и обратный праймеры в конечной концентрации 0,4 микромоля, 5 мкл H₂O, 5 мкл мастер-микса ScreenMix-HS (производитель ЗАО «Евроген», Россия). Амплификацию проводили в 2-кратной повторности. Результаты ПЦР визуализировали в 1,5%-м агарозном геле, окрашенном бромистым этидием. Для ПЦР-продуктов длиной 200 п. о. и более определяли нуклеотидную последовательность на генетическом анализаторе Applied Biosystems 3500. Анализ нуклеотидных последовательностей проводили с помощью программы BioEdit (Hall T., 1999).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате кластеризации 667 416 белковых последовательностей, соответствующих генам из 171 геномной сборки 26 видов бактерий, получили 42 570 кластеров, содержащих от 1 до 343 аминокислотных последовательностей. Из них 55 кластеров включали в себя белки всех 10 проанализированных сборок *Xanthomonas translucens* и не включали в себя белки других видов. После фильтрации последовательностей по установленным критериям специфичности, длины и вариабельности (см. раздел «Материалы и методы») отобрали последовательности 6 генов (табл. 5).

Указанные последовательности использовали для разработки праймеров. Для каждой из 6 последовательностей подобрали от 1 до 3 пар праймеров. Всего подобрали 12 пар праймеров.

Результаты ПЦР, проведенной с каждой из пар праймеров для 35 бактерий рода *Xanthomonas*, заносили в таблицу 6. Результат ПЦР считали положительным при наличии продукта амплификации, размер которого соответствовал ожидаемому для штамма 0337 *Xanthomonas translucens* (положительный контроль); в этом случае в таблице указывали размер продукта амплификации. При наличии какого-либо продукта амплификации, размер которого отличался от контроля, в таблицу заносили приблизительную длину полученного фрагмента.

Результат ПЦР считали отрицательным (–) при отсутствии какого-либо продукта амплификации, включая неспецифичные продукты реакции и димеры.

Результат ПЦР считали недостоверным (n/a) при наличии неспецифичных продуктов реакции. При наличии ПЦР-продукта только одной длины в таблицу 6 заносили сведения о размере продукта.

В ходе работы со всеми 12 парами праймеров обнаруживались продукты ожидаемой длины при использовании в качестве матрицы ДНК штамма 0337 *Xanthomonas translucens*. Для всех 12 ПЦР-продуктов были определены нуклеотидные последовательности, которые были идентичны последовательностям *Xanthomonas translucens*, аннотированным в базе данных NCBI, на 94,29–99,81%, при ширине покрытия 95–99%. Праймеры 3F3/3R3, 3F5/3R5, 3F9/3R9, 4F3/4R3, 5F3/5R3 и 6F6/6R6 показали низкую специфичность. Для видовой идентификации *Xanthomonas translucens* показана возможность применения

The primers were tested with DNA of bacterial strains belonging to the genus *Xanthomonas*, including *Xanthomonas translucens* (Table 4).

To test the primers, amplification was carried out with the following temperature regime: initial denaturation – 5 min. at 95 °C; then 40 cycles: 95 °C – 30 sec., 60 °C – 30 sec. and 72 °C – 60 s.; final elongation – 7 min. at 72 °C. The composition of the reaction mixture: 75–100 ng of bacterial DNA, forward and reverse primers at a final concentration of 0.4 micromolar, 5 µl of H₂O, 5 µl of the ScreenMix-HS master mix (manufactured by “Evrogen”, Russia). Amplification was performed in duplicate. The PCR results were visualized on a 1.5% agarose gel stained with ethidium bromide. For PCR products with a length of 200 bp. and more, the nucleotide sequence was determined using the Applied Biosystems 3500 genetic analyzer. The analysis of nucleotide sequences was performed using the BioEdit program (Hall T., 1999).

RESULTS AND DISCUSSION

As a result of clustering 667 416 protein sequences corresponding to genes from 171 genomic assemblies of 26 bacterial species, 42 570 clusters containing from 1 to 343 amino acid sequences were obtained. Of these, 55 clusters included proteins from all 10 analyzed assemblies of *Xanthomonas translucens* and did not include proteins from other species. After filtering the sequences according to the established criteria of specificity, length and variability (see the Materials and Methods section), the sequences of 6 genes were selected (Table 5).

These sequences were used to design primers. For each of the 6 sequences, from 1 to 3 pairs of primers were selected. A total of 12 pairs of primers were selected.

The results of PCR carried out with each of the primer pairs for 35 bacteria of the genus *Xanthomonas*, were entered in table 6. The result of PCR was considered positive in the presence of an amplification product, the size of which corresponded to that expected for strain 0337 *Xanthomonas translucens* (positive control); in this case, the table indicated the size of the amplification product. In the presence of any amplification product, the size of which differed from the control, the approximate length of the obtained fragment was entered in the table.

The PCR result was considered negative (–) in the absence of any amplification product, including non-specific reaction products and dimers.

The PCR result was considered unreliable (n/a) in the presence of nonspecific reaction products. In the presence of a PCR product of only one length, information about the size of the product was entered in Table 6.

In the course of work with all 12 pairs of primers, products of the expected length were formed using the DNA of strain 0337 *Xanthomonas translucens* as a template. For all 12 PCR products, nucleotide sequences were determined that were identical to the sequences of *Xanthomonas translucens*, annotated in the NCBI database, by 94.29–99.81%, with a coverage width of 95–99%. Primers 3F3/3R3, 3F5/3R5, 3F9/3R9, 4F3/4R3, 5F3/5R3, and 6F6/6R6 showed low specificity. For the species identification of *Xanthomonas translucens*,

праймеров 1F8/1R8, 1F10/1R10, 4F1/4R1, 5F6/5R6 и 6F10/6R10 (см. рисунок). С данными праймерами с ДНК *Xanthomonas translucens* синтезируется 1 ПЦР-продукт ожидаемого размера. Но наличие ПЦР-продуктов, образующихся в ходе амплификации ДНК других видов организмов, хоть и отличающихся по размеру от *Xanthomonas translucens*, требует оптимизации условий ПЦР.

the possibility of using primers 1F8/1R8, 1F10/1R10, 4F1/4R1, 5F6/5R6 and 6F10/6R10 has been shown (see figure). With these primers, 1 PCR product of the expected size is synthesized with *Xanthomonas translucens* DNA. But the presence of PCR products formed during the amplification of DNA from other species of organisms, although they differ in size from *Xanthomonas translucens*, requires optimization of the PCR conditions.

Таблица 5

Нуклеотидные последовательности генов, использованные для подбора праймеров

№ п/п	Последовательность NCBI Nucleotide	Координаты гена	Кодируемый белок	Аннотация кодируемого белка	Названия пар праймеров	Длина ПЦР-продукта, п. о.
1	NZ_FLTU01000142.1	6002-8863	WP_039956369.1	DUF5110 domain-containing protein	1F8/1R8	711
					1F10/1R10	379
2	FLTU01000085.1	5245-7368	WP_009581062.1	TonB-dependent siderophore receptor	2F6/2R6	759
3	NZ_FLTU01000009.1	c3500-2202	WP_039955267.1	nucleoside hydrolase	3F3/3R3	246
					3F5/3R5	209
					3F9/3R9	869
4	NZ_LHSI01000001.1	2522179-2523426	WP_009581060.1	ATP-grasp domain-containing protein	4F1/4R1	503
					4F3/4R3	904
5	NZ_ANGG01000457.1	10914-12119	WP_009598496.1	aldose 1-epimerase family protein	5F3/5R3	200
					5F6/5R6	424
6	NZ_ANGG01000136.1	c4667-3489	WP_009581057.1	MFS transporter	6F6/6R6	970
					6F10/6R10	663

Table 5

Nucleotide sequences of genes used for the selection of primers

№	Sequence NCBI Nucleotide	Gene coordinates	Encoded protein	Annotation of the encoded protein	Primer pair names	Length of the PCR product, bp
1	NZ_FLTU01000142.1	6002-8863	WP_039956369.1	DUF5110 domain-containing protein	1F8/1R8	711
					1F10/1R10	379
2	FLTU01000085.1	5245-7368	WP_009581062.1	TonB-dependent siderophore receptor	2F6/2R6	759
3	NZ_FLTU01000009.1	c3500-2202	WP_039955267.1	nucleoside hydrolase	3F3/3R3	246
					3F5/3R5	209
					3F9/3R9	869
4	NZ_LHSI01000001.1	2522179-2523426	WP_009581060.1	ATP-grasp domain-containing protein	4F1/4R1	503
					4F3/4R3	904
5	NZ_ANGG01000457.1	10914-12119	WP_009598496.1	aldose 1-epimerase family protein	5F3/5R3	200
					5F6/5R6	424
6	NZ_ANGG01000136.1	c4667-3489	WP_009581057.1	MFS transporter	6F6/6R6	970
					6F10/6R10	663

Таблица 6

Результаты ПЦР с 35 штаммами бактерий рода *Xanthomonas* для каждой пары праймеров

Штамм	Пара праймеров											
	1F8	1F10	2F6	3F3	3F5	3F9	4F1	4F3	5F3	5F6	6F6	6F10
	1R8	1R10	2R6	3R3	3R5	3R9	4R1	4R3	5R3	5R6	6R6	6R10
Результат ПЦР: размер фрагмента амплификации, п. о. (при наличии) / отрицательно (-) / недостоверно (n/a)												
0148	-	-	n/a	-	-	n/a	n/a	240	-	-	n/a	n/a
0149	-	-	n/a	-	-	n/a	-	-	-	-	n/a	-
0226	-	-	n/a	-	1120	1150	n/a	240	-	-	n/a	n/a
0227	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0228	-	-	n/a	-	1120	1150	-	240	-	-	n/a	-
0230	-	-	n/a	-	1120	1150	-	240	-	-	n/a	n/a
0232	-	-	n/a	-	n/a	1150	-	240	-	-	n/a	n/a
0234	-	-	n/a	-	-	1150	-	240	-	-	n/a	n/a
0337	711	379	759	869	209	246	503	904	424	200	1050	663
0338	-	-	n/a	869	-	n/a	-	-	n/a	-	470	-
0343	-	n/a	n/a	869	1300	n/a	-	470	1220	-	470	-
0344	-	-	n/a	869	1300	n/a	-	470	n/a	-	470	-
0345	260	-	n/a	869	-	-	-	-	n/a	n/a	n/a	-
0346	260	-	n/a	869	-	-	-	-	n/a	n/a	n/a	-
0347	260	-	n/a	869	-	-	-	-	n/a	n/a	n/a	-
0348	260	-	n/a	869	-	n/a	-	-	n/a	n/a	n/a	-
0373	-	-	n/a	n/a	-	-	-	-	-	-	n/a	-
0374	-	n/a	n/a	800	-	-	-	n/a	-	-	-	n/a
0375	-	-	n/a	n/a	1120	-	-	-	n/a	-	-	n/a
0376	-	-	n/a	869	-	n/a	1200	n/a	1400	-	n/a	n/a
0377	-	-	n/a	869	-	n/a	n/a	n/a	n/a	-	n/a	n/a
0386	-	-	n/a	869	n/a	n/a	-	n/a	-	-	n/a	-
0394	-	-	n/a	n/a	400	n/a	-	n/a	1400	-	n/a	n/a
0399	-	-	n/a	869	-	n/a	n/a	-	1120	-	-	-
0400	-	-	n/a	869	n/a	n/a	-	-	1120	-	-	-
0404	-	-	n/a	-	-	-	-	-	-	-	n/a	-
0405	-	-	n/a	n/a	n/a	n/a	-	n/a	-	-	n/a	n/a
0406	-	-	n/a	n/a	n/a	1150	-	240	1120	-	n/a	-
0419	-	-	n/a	n/a	-	-	-	n/a	-	-	n/a	-
0420	-	-	n/a	869	1300	1150	-	n/a	1340	-	n/a	n/a
0426	-	-	n/a	-	-	-	-	-	-	-	n/a	-
0427	-	-	n/a	n/a	-	1150	-	-	-	n/a	n/a	-
0446	-	-	n/a	-	-	-	-	-	-	-	n/a	n/a
0473	-	-	n/a	n/a	-	n/a	n/a	n/a	1120	-	n/a	-
0483	-	n/a	n/a	n/a	-	n/a	-	-	-	-	n/a	-

Table 6

PCR results with 35 strains of bacteria of the genus *Xanthomonas* for each pair of primers

Strain	Pair of primers											
	1F8	1F10	2F6	3F3	3F5	3F9	4F1	4F3	5F3	5F6	6F6	6F10
	1R8	1R10	2R6	3R3	3R5	3R9	4R1	4R3	5R3	5R6	6R6	6R10
PCR result: size of the amplification fragment, bp (if any) / negative (-) / unreliable (n/a)												
0148	-	-	n/a	-	-	n/a	n/a	240	-	-	n/a	n/a
0149	-	-	n/a	-	-	n/a	-	-	-	-	n/a	-
0226	-	-	n/a	-	1120	1150	n/a	240	-	-	n/a	n/a
0227	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0228	-	-	n/a	-	1120	1150	-	240	-	-	n/a	-
0230	-	-	n/a	-	1120	1150	-	240	-	-	n/a	n/a
0232	-	-	n/a	-	n/a	1150	-	240	-	-	n/a	n/a
0234	-	-	n/a	-	-	1150	-	240	-	-	n/a	n/a
0337	711	379	759	869	209	246	503	904	424	200	1050	663
0338	-	-	n/a	869	-	n/a	-	-	n/a	-	470	-
0343	-	n/a	n/a	869	1300	n/a	-	470	1220	-	470	-
0344	-	-	n/a	869	1300	n/a	-	470	n/a	-	470	-
0345	260	-	n/a	869	-	-	-	-	n/a	n/a	n/a	-
0346	260	-	n/a	869	-	-	-	-	n/a	n/a	n/a	-
0347	260	-	n/a	869	-	-	-	-	n/a	n/a	n/a	-
0348	260	-	n/a	869	-	n/a	-	-	n/a	n/a	n/a	-
0373	-	-	n/a	n/a	-	-	-	-	-	-	n/a	-
0374	-	n/a	n/a	800	-	-	-	n/a	-	-	-	n/a
0375	-	-	n/a	n/a	1120	-	-	-	n/a	-	-	n/a
0376	-	-	n/a	869	-	n/a	1200	n/a	1400	-	n/a	n/a
0377	-	-	n/a	869	-	n/a	n/a	n/a	n/a	-	n/a	n/a
0386	-	-	n/a	869	n/a	n/a	-	n/a	-	-	n/a	-
0394	-	-	n/a	n/a	400	n/a	-	n/a	1400	-	n/a	n/a
0399	-	-	n/a	869	-	n/a	n/a	-	1120	-	-	-
0400	-	-	n/a	869	n/a	n/a	-	-	1120	-	-	-
0404	-	-	n/a	-	-	-	-	-	-	-	n/a	-
0405	-	-	n/a	n/a	n/a	n/a	-	n/a	-	-	n/a	n/a
0406	-	-	n/a	n/a	n/a	1150	-	240	1120	-	n/a	-
0419	-	-	n/a	n/a	-	-	-	n/a	-	-	n/a	-
0420	-	-	n/a	869	1300	1150	-	n/a	1340	-	n/a	n/a
0426	-	-	n/a	-	-	-	-	-	-	-	n/a	-
0427	-	-	n/a	n/a	-	1150	-	-	-	n/a	n/a	-
0446	-	-	n/a	-	-	-	-	-	-	-	n/a	n/a
0473	-	-	n/a	n/a	-	n/a	n/a	n/a	1120	-	n/a	-
0483	-	n/a	n/a	n/a	-	n/a	-	-	-	-	n/a	-

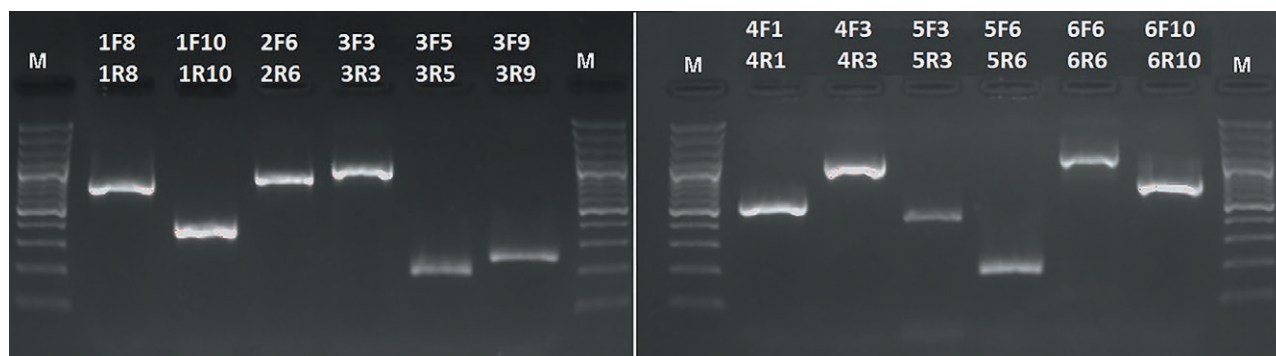


Рисунок. Электрофореграмма результатов ПЦР со штаммом 0337 *Xanthomonas translucens* для каждой использованной в исследовании пары праймеров. Использован маркер генетического веса GeneRuler 100 bp Plus DNA Ladder ready-to-use, компания Thermo Fisher Scientific (США)

Figure. Electrophoretogram of PCR results with strain 0337 *Xanthomonas translucens* for each pair of primers used in the study. Genetic weight marker GeneRuler 100 bp Plus DNA Ladder ready-to-use, Thermo Fisher Scientific (USA) used

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате поиска генетических маркеров для группы бактерий, вызывающих черный бактериоз зерновых культур, – патоваров *Xanthomonas translucens* – найдено 6 нуклеотидных последовательностей, специфичных для указанного вида. Для найденных последовательностей разработано 12 пар праймеров – 1F8/1R8, 1F10/1R10, 2F6/2R6, 3F3/3R3, 3F5/3R5, 3F9/3R9, 4F1/4R1, 4F3/4R3, 5F3/5R3, 5F6/5R6, 6F6/6R6 и 6F10/6R10, видоспецифичность которых в ходе исследования апробирована с 35 штаммами бактерий рода *Xanthomonas*, включая *Xanthomonas translucens*. Анализ результатов проведенной ПЦР и выравнивания полученных нуклеотидных последовательностей продуктов ПЦР с помощью алгоритма BLAST на базе NCBI показал, что пары праймеров 1F8/1R8, 1F10/1R10, 4F1/4R1, 5F6/5R6 и 6F10/6R10 являются пригодными для их применения в диагностике возбудителя черного бактериоза зерновых культур *Xanthomonas translucens*. Новые ПЦР-тесты могут стать частью решения проблемы установления фитосанитарного состояния партий российской продукции зерна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каменева С., 2018. Статистическое исследование потребления продуктов питания населением разных стран. – Экономические исследования и разработки, № 6: 30–44.
2. Ledman K., Curland R., Ishimaru C., Dill-Macky R., 2020. *Xanthomonas translucens* pv. *undulosa* identified on common weedy grasses in naturally infected wheat fields in Minnesota. – Phytopathology. DOI: 10.1094/PHYTO-08-20-0337-R.
3. Sapkota S., Mergoum M., Liu Z., 2020. The translucens group of *Xanthomonas translucens*: Complicated and important pathogens causing bacterial leaf streak on cereals. – Mol Plant Pathol., 21 (3): 291–302. DOI: 10.1111/mpp.12909.
4. Sharma A., Sharma D., Verma S., 2019. Zinc binding proteome of a phytopathogen *Xanthomonas translucens* pv. *undulosa*. – Royal Society Open Science, 6 (9): 190369. DOI: 10.1098/rsos.190369.
5. Slovareva O., 2020. Detection and identification of pathogens of bacterial diseases of wheat and barley in the Russian Federation. – MIR J, Vol. 7 (1): 13–23. DOI: 10.18527/2500-2236-2020-7-1-13-23.

CONCLUSION

As a result of the search for genetic markers for a group of bacteria causing bacterial leaf streak of wheat – pathovars *Xanthomonas translucens* – 6 nucleotide sequences specific for this species were found. For the sequences found, 12 pairs of primers were developed – 1F8/1R8, 1F10/1R10, 2F6/2R6, 3F3/3R3, 3F5/3R5, 3F9/3R9, 4F1/4R1, 4F3/4R3, 5F3/5R3, 5F6/5R6, 6F6/6R6 and 6F10/6R10, the species-specificity of which was tested in the course of the study with 35 strains of bacteria of the genus *Xanthomonas*, including *Xanthomonas translucens*. Analysis of the results of the performed PCR and alignment of the obtained nucleotide sequences of the PCR products using the BLAST algorithm based on the NCBI showed that the primer pairs 1F8/1R8, 1F10/1R10, 4F1/4R1, 5F6/5R6 and 6F10/6R10 are suitable for their use in the diagnosis of the pathogen of bacterial leaf streak of wheat *Xanthomonas translucens*. New PCR tests can become part of the solution to the problem of establishing the phytosanitary state of consignments of Russian grain products.

REFERENCES

1. Kameneva S. Statistical research of food consumption by the population of the different countries [Statisticheskoye issledovaniye potrebleniya produktov pitaniya naseleniyem raznykh stran]. *Economic development research journal*, 2018; 6: 30–44 (in Russian).
2. Ledman K., Curland R., Ishimaru C., Dill-Macky R., *Xanthomonas translucens* pv. *undulosa* identified on common weedy grasses in naturally infected wheat fields in Minnesota. *Phytopathology*. 2020. DOI: 10.1094/PHYTO-08-20-0337-R.
3. Sapkota S., Mergoum M., Liu Z. The translucens group of *Xanthomonas translucens*: Complicated and important pathogens causing bacterial leaf streak on cereals. *Mol Plant Pathol.*, 2020; 21 (3): 291–302. DOI: 10.1111/mpp.12909.
4. Sharma A., Sharma D., Verma S. Zinc binding proteome of a phytopathogen *Xanthomonas translucens* pv. *undulosa*. *Royal Society Open Science*, 2019; 6 (9): 190369. DOI: 10.1098/rsos.190369.

6. Развитие российского экспорта. Российский экспортный центр. – URL: https://www.exportcenter.ru/international_markets/russian_exports/?sphrase_id=116943 (дата обращения: 04.02.2021).

7. Федеральная служба государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 03.03.2021).

8. Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор). – Ввоз. Вывоз. Транзит. Египет: Карантинные фитосанитарные требования к продукции растительного происхождения. – URL: http://portal.fsvps.ru/sites/fsvps/documents/1485966741302_phyto_requirements_egypt.pdf (дата обращения: 08.04.2021).

9. Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору (Россельхознадзор). – Ввоз. Вывоз. Транзит. Список карантинных вредителей Нигерии. – URL: http://portal.fsvps.ru/sites/fsvps/documents/1485966841778_phyto_vred_nigeria.pdf (дата обращения: 08.04.2021).

10. European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) Global database. – URL: <https://gd.eppo.int> (дата обращения: 01.03.2021).

11. NCBI. Basic Local Alignment Search Tool: Nucleotide. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucore/> (дата обращения: 12.04.2021).

12. NCBI. Basic Local Alignment Search Tool. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast> (дата обращения: 07.03.2021).

13. Hall T., 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic acids symposium series*, 41 (41): 95–98.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Словарева Ольга Юрьевна, младший научный сотрудник лаборатории бактериологии и анализа ГМО ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская область, Россия; *ORCID 0000-0001-6022-5955*, e-mail: slovareva.olga@gmail.com.

Старикова Елизавета Валентиновна, младший научный сотрудник лаборатории биоинформатики ФГБУ «ФНКЦ ФХМ ФМБА России», г. Москва, Россия; агроном лаборатории вирусологии ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская область, Россия; *ORCID 0000-0001-6582-210X*, e-mail: hed.robin@gmail.com.

Муvingи Муфаро, аспирант ФГАОУ ВО «РУДН», г. Москва, Россия; *ORCID 0000-0001-7700-1296*, e-mail: mufaromuvingi@gmail.com.

5. Slovaeva O. Detection and identification of pathogens of bacterial diseases of wheat and barley in the Russian Federation. *MIR J*, 2020; 7 (1): 13–23. DOI: 10.18527/2500-2236-2020-7-1-13-23.

6. Development of Russian exports. Russian export center. URL: https://www.exportcenter.ru/international_markets/russian_exports/?sphrase_id=116943 (last accessed: 04.02.2021) (in Russian).

7. Federal State Statistics Service. URL: <https://rosstat.gov.ru> (last accessed: 03.03.2021) (in Russian).

8. Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance (Rosselkhoz nadzor). Import. Export. Transit. Egypt: Quarantine Phytosanitary Requirements for Plant Products. URL: http://portal.fsvps.ru/sites/fsvps/documents/1485966741302_phyto_requirements_egypt.pdf (last accessed: 08.04.2021) (in Russian).

9. Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance (Rosselkhoz nadzor). Import. Export. Transit. List of quarantine pests of Nigeria. URL: http://portal.fsvps.ru/sites/fsvps/documents/1485966841778_phyto_vred_nigeria.pdf (last accessed: 08.04.2021) (in Russian).

10. European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) Global database. URL: <https://gd.eppo.int> (last accessed: 01.03.2021).

11. NCBI. Basic Local Alignment Search Tool: Nucleotide. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucore/> (last accessed: 12.04.2021).

12. NCBI. Basic Local Alignment Search Tool. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast> (last accessed: 07.03.2021).

13. Hall T. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic acids symposium series*, 1999; 41 (41): 95–98.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Olga Slovaeva, Junior Researcher, Bacteriology and GMO Analysis Laboratory, Laboratory Testing Center, FGBU “VNI IKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *ORCID 0000-0001-6022-5955*, e-mail: slovareva.olga@gmail.com.

Elizaveta Starikova, Junior Researcher, Bioinformatics Laboratory, FGBU “SRI PCM FMBA of Russia”, Moscow, Russia; Agronomist, Virology Laboratory, Laboratory Testing Center, FGBU “VNI IKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *ORCID 0000-0001-6582-210X*, e-mail: hed.robin@gmail.com.

Mufaro Muvingi, postgraduate student, FGAOU VO “RUDN”, Moscow, Russia; *ORCID 0000-0001-7700-1296*, e-mail: mufaromuvingi@gmail.com.

О распространении и некоторых особенностях *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. на территории Российской Федерации

Т.З. ОМЕЛЯНЕНКО

Южный филиал ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), г. Симферополь, Республика Крым, Россия
ORCID 0000-0003-2200-8591,
e-mail: o.tanya-work@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Изучена история распространения инвазионного вида – *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. (*Iva xanthiifolia* Nutt.) – в ряде европейских стран и на территории Российской Федерации. Проанализирован ареал циклахены дурнишниковидной на территории Республики Крым и Российской Федерации в целом, согласно литературным данным, гербарным образцам и собственным полевым исследованиям. Определены наиболее типичные растительные сообщества, в состав которых вид регулярно внедряется. Рассмотрены направления и объемы экспортирования зерновой продукции с учетом фитосанитарных требований стран-импортеров. Подчеркнута фитосанитарная значимость вида для ряда стран – импортеров российской зерновой продукции, которые включили циклахену дурнишниковидную в свои карантинные перечни. Приведены некоторые данные по фенологии и особенностям онтогенетического развития вида в условиях предгорного Крыма и на базе карантинного интродукционного участка Южного филиала ФГБУ «ВНИИКР» в 2020 г.

Ключевые слова. Чужеродные виды, *Cyclachaena xanthiifolia*, рудеральные местообитания, экспорт зерновой продукции, фенология развития, морфология вида, морфометрические показатели.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия наблюдается активный занос новых видов растений на территорию Российской Федерации, их экспансия и натурализация. Давно известно, что масштаб страны, ее географическое положение, свободное перемещение населения, а также интенсивный экспорт и импорт различной продукции являются причинами заноса чужеродных видов.

On spreading and some peculiarities of *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. in the Russian Federation

T.Z. OMELIANENKO

Southern Branch of FGBU "All-Russian Plant Quarantine Center" (FGBU "VNIICR"), Simferopol, Republic of Crimea, Russia
ORCID 0000-0003-2200-8591,
e-mail: o.tanya-work@yandex.ru

ABSTRACT

The history of spreading of the invasive species *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. (*Iva xanthiifolia* Nutt.) in some European countries and in the Russian Federation has been studied. The area of giant sumpweed in the Republic of Crimea and the Russian Federation in general has been analyzed, based on research data, herbarium samples and original field studies. The most typical plant communities, in which the species is regularly introduced, have been determined. The directions and volumes of grain products export have been considered, taking into account the phytosanitary requirements of importing countries. The phytosanitary significance of the species has been emphasized for a number of countries importing Russian grain products, which included giant sumpweed in their quarantine lists. Some data on phenology and peculiarities of ontogenetic development of the species in the conditions of the foothill Crimea and on the basis of the quarantine introduction area of the Southern Branch of FGBU "VNIICR" in 2020 are presented.

Keywords. Alien species, *Cyclachaena xanthiifolia*, ruderal habitats, grain export, development phenology, species morphology, morphometric parameters.

INTRODUCTION

In recent years, new plant species have been actively introduced, spread and adapted in the Russian Federation. It has long been known that the scale of the country, its geographical position, free population movement, as well as intensive

Появление и расселение видов, способных к натурализации на новых для них территориях, ведут к «антропогенной гомогенизации» биосферы (Миркин и др., 2007). Синантропизация растительности, как процесс, связанный с деятельностью человека, становится все более глобальной проблемой. В настоящее время на территории только европейской части Российской Федерации отмечается более тысячи чужеродных видов (Виноградова и др., 2009). Безусловно, тенденция успешного внедрения этих видов растений в растительные сообщества различной степени нарушенности будет лишь увеличиваться.

Заносу вида в фитоценозы и его последующему закреплению в них способствуют нарушение экосистем под действием антропогенной нагрузки, отсутствие естественных врагов и видов-эдификаторов, которые способны удерживать свои доминирующие позиции и тем самым контролировать плотность популяции нового чужеродного вида (Миркин, Наумова, 2011).

В работе представлены некоторые результаты исследования заносного вида циклахены дурнишниковидной на территории Российской Федерации, включая Республику Крым.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение распространения вида на территории предгорного Крыма и его участия в разных типах растительности проводилось при детально-маршрутном обследовании территории с использованием геоботанических методов. Оценка обилия вида выполнялась в соответствии с эколого-флористическим подходом Ж. Браун-Бланке (Миркин, Розенберг, 1978; Braun-Blanquet, 1964). Изучение особенностей роста и развития проводилось в рамках карантинного интродукционного участка Южного филиала ФГБУ «ВНИИКР» (г. Симферополь) и в пределах Симферопольского, Бахчисарайского и Белогорского районов Крымского полуострова по общепринятым методикам (Голубев, Корженевский, 1985; Шенников, 1964) с интервалом в 7–10 дней, с выделением следующих фенологических фаз: вегетация, бутонизация, цветение, плодоношение, а также фаза отмирания растения. Наблюдения проводились с июня по октябрь 2020 г. На базе карантинного интродукционного участка были высажены 4 особи циклахены дурнишниковидной в стадии 6–8 настоящих листьев, которые 24.06.2020 были собраны у частных домов по улице Элеваторной, на прилегающей к автотранспортным путям территории. Изучение морфометрических показателей вегетативных и генеративных органов проводилось на разных стадиях онтогенетического развития растений. Все стадии фиксировались на фотокамеру Canon EOS 77D. Семенная продуктивность определялась путем взвешивания всех плодов исследуемых особей. Далее из них формировались 2–3 навески по 100 плодов с определением их средней массы. Путем перерасчета на общую массу плодов устанавливалась общая семенная продуктивность растений (Курдюкова, Тышчук, 2019).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Cyclachaena xanthiifolia (Nutt.) Fresen. – вид североамериканского происхождения, имеет широкое распространение на территории США (38 штатов),

export and import of various products are the reasons for the introduction of alien species. The emergence and spreading of species capable of adaptation in new areas lead to “anthropogenic homogenization” of the biosphere (Mirkin et al., 2007). Synanthropization of vegetation, as a process associated with human activities, is becoming an increasingly global problem. Currently, only on the territory of the European part of the Russian Federation, there are more than a thousand alien species (Vinogradova et al., 2009). Naturally, the tendency for the successful introduction of these plant species into plant communities of varying degrees of disturbance will only increase.

The introduction of a species into phytocenoses and its subsequent consolidation in them is facilitated by the disturbance of ecosystems under the influence of anthropogenic load, the absence of natural enemies and edifier species that are able to maintain their dominant positions and thereby control the population density of a new alien species (Mirkin, Naumova, 2011).

The work presents some results of a study of the invasive species of *Cyclachaena xanthiifolia* on the territory of the Russian Federation, including the Republic of Crimea.

MATERIALS AND METHODS

The study of the spreading of the species on the territory of the foothill Crimea and its participation in different types of vegetation was carried out during a detailed route survey of the area using geobotanical methods. The species abundance was assessed in accordance with the ecological-floristic approach of J. Braun-Blanquet (Mirkin, Rozenberg, 1978; Braun-Blanquet, 1964). The study of the growth and development features was carried out within the quarantine introduction site of the Southern Branch of the FGBU “VNIICR” (Simferopol) and within the Simferopol, Bakhchisarai and Belogorsk regions of the Crimean Peninsula according to generally accepted methods (Golubev, Korzhenevsky, 1985; Shennikov, 1964) with an interval of 7–10 days, determining the following phenological phases: vegetation, budding, flowering, fruiting, and plant withering. Observations were carried out from June to October 2020. On the basis of the quarantine introduction site, 4 individuals of *Cyclachaena xanthiifolia* were planted at the stage of 6–8 true leaves, which were collected on June 24, 2020 nearby private houses on Elevatornaya Street, on the territory adjacent to motor transport routes. The study of morphometric parameters of vegetative and generative organs was carried out at different stages of ontogenetic development of the plants. All stages were photographed on the camera Canon EOS 77D. Seed productivity was determined by weighing all fruits of the studied specimens. Later, 2–3 samples of 100 fruits were formed from them, determining their average weight. By recalculating for the total weight of fruits, the total seed productivity of plants was established (Kurdyukova, Tyshchuk, 2019).

RESULTS AND DISCUSSION

Cyclachaena xanthiifolia (Nutt.) Fresen. is a species of North American origin, widespread in the United

Мексики и Канады. Является адвентивным видом на территориях восточнее от штата Миссисипи, а также в западных штатах США (Виноградова и др., 2009). Согласно базе данных (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/120279>), вид имеет различную степень распространения в Азии (Армения, Китай), в 28 странах Европы, в том числе широко распространен в России (Абрамова, Нурмиева, 2014; <http://www.agroatlas.ru>), на Украине (Протопопова, 1991; Прохорова, Глухов, 2004; Protopopova et al., 2006) и в Румынии (Dihoru, 2004; Sirbu, 2008), а также в Новой Зеландии (Heenan et al., 2004). В европейских странах является засорителем подсолнечника, сои, кукурузы, а также сахарной свеклы (<http://www.agroatlas.ru>). Среди основных векторов проникновения *C. xanthiifolia* в Европу указывается ее культивирование в ботанических садах (<http://www.sevin.ru/Top100Worst>). По некоторым данным, циклахена была интродуцирована в Киевский ботанический сад в 1870 г., в то время как другими авторами отмечается, что вид выращивался в начале XIX в. (<http://www.sevin.ru/Top100Worst>). К настоящему времени сохранились гербарные образцы, собранные Н. Цингером (27.08.1903, Гербарий Главного ботанического сада РАН (МНА)) на рудеральных местах неподалеку от г. Киева (в долине реки Лыбеди) (Виноградова и др., 2009). В 1858 г. вид впервые выявлен на территории ботанического сада в Потсдаме в Германии, позднее – в Швейцарии (1902 г.), Великобритании (1905 г.), Бельгии (1908 г.), Словакии (1934 г.). Для Российской Федерации и Украины активное распространение вида отмечено в начале XX века (Кулакова и др., 2020).

Вид отмечен в Алтайском крае, Астраханской, Белгородской, Владимирской, Волгоградской, Вологодской, Воронежской, Иркутской, Курской, Липецкой, Московской, Мурманской, Новосибирской, Оренбургской, Орловской, Рязанской, Самарской, Саратовской, Смоленской, Тамбовской, Тверской, Тульской областях, а также Республике Башкортостан (Красноборов, 2000; Ломоносова, Зыкова, 2003). В перечисленных областях распространение вида варьирует от неравномерного до широкого. В Ивановской и Калужской областях вид не образует крупных зарослей. В Ленинградской, Новгородской, Псковской областях циклахена менее распространена и, как правило, не плодоносит (Абрамова и др., 2008; Виноградова и др., 2009). Также вид распространен в Кабардино-Балкарии, Северной Осетии, Дагестане, Чувашии и др. (Абрамова и др., 2008). Как вид-инвайдер *C. xanthiifolia* проявила себя в Центральном Черноземье, Предуралье и на Северном Кавказе (Панасенко, 2013; Сенатор и др., 2017; <http://www.sevin.ru/Top100Worst>). Для Республики Башкортостан отмечено более 60 очагов инвазии вида, заметное распространение имеет в Оренбургской области (Абрамова, 2012).

Распространяется по ж/д путям по северным регионам вплоть до Мурманской области, где впервые вид отмечен в 1999 г., однако не натурализуется (Костина, 2001). Циклахена успешно акклиматизировалась в регионах Дальнего Востока (локальные очаги в Амурской области, Хабаровском крае, на юге Приморского края) и на Алтае (Сосудистые растения советского Дальнего Востока, 1992).

Чаще всего входит в состав растительных сообществ рудерального и сорно-полевого

States (38 states), Mexico and Canada. It is an adventive species in the territories east of Mississippi, as well as in the western states of the United States (Vinogradova et al., 2009). According to the database (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/120279>), the species has varying degrees of spreading in Asia (Armenia, China), in 28 European countries, also it is widespread in Russia (Abramova, Nurmiyeva, 2014; <http://www.agroatlas.ru>), in Ukraine (Protopopova, 1991; Prokhorova, Glukhov, 2004; Protopopova et al., 2006) and in Romania (Dihoru, 2004; Sirbu, 2008), as well as New Zealand (Heenan et al., 2004). In European countries, it is a weed in sunflower, soybeans, corn, and sugar beet (<http://www.agroatlas.ru>). One of the main pathways for *C. xanthiifolia* in Europe is its cultivation in botanical gardens (<http://www.sevin.ru/Top100Worst>). According to some reports, *Cyclachaena xanthiifolia* was introduced to the Kiev Botanical Garden in 1870, while other authors note that the species was grown at the beginning of the 19th century (<http://www.sevin.ru/Top100Worst>). To date, the herbarium specimens collected by N. Tsinger (08.27.1903, Herbarium of the Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (MNA)) at ruderal sites near Kiev (in the Lybed River valley) have been preserved (Vinogradova et al., 2009). In 1858, the species was first detected on the territory of the botanical garden in Potsdam in Germany, later in Switzerland (1902), Great Britain (1905), Belgium (1908), Slovakia (1934). For the Russian Federation and Ukraine, the active spreading of the species was noted at the beginning of the 20th century (Kulakova et al., 2020).

The species was recorded in Altai Krai, Astrakhan Oblast, Belgorod Oblast, Vladimir Oblast, Volgograd Oblast, Vologda Oblast, Voronezh Oblast, Irkutsk Oblast, Kursk Oblast, Lipetsk Oblast, Moscow Oblast, Murmansk Oblast, Novosibirsk Oblast, Orenburg Oblast, Oryol Oblast, Ryazan Oblast, Samara Oblast, Saratov Oblast, Smolensk Oblast, Tambov Oblast, Tver Oblast, Tula Oblast and also the Republic of Bashkortostan (Krasnoborov, 2000; Lomonosova, Zykova, 2003). In these areas, the spreading of the species varies from uneven to wide. In Ivanovo Oblast and Kaluga Oblast, the species does not form large thickets. In Leningrad Oblast, Novgorod Oblast and Pskov Oblast, *Cyclachaena xanthiifolia* is less common and, as a rule, does not bear fruit (Abramova et al., 2008; Vinogradova et al., 2009). The species is also spread in Kabardino-Balkaria, North Ossetia, Dagestan, Chuvashia, etc. (Abramova et al., 2008). As an invasive species, *C. xanthiifolia* proved itself in the Central Black Earth Region, the Urals and the North Caucasus (Panasenko, 2013; Senator et al., 2017; <http://www.sevin.ru/Top100Worst>). For the Republic of Bashkortostan, more than 60 outbreaks of the species invasion were noted; it has a noticeable spreading in Orenburg Oblast (Abramova, 2012).

It spreads along railway tracks in the northern regions up to Murmansk Oblast, where the species was first recorded in 1999, but is not adapted (Kostina, 2001). *C. xanthiifolia* successfully adapted in the regions of the Far East (local outbreaks in Amur Oblast, Khabarovsk Krai, in the south of Primorsky Krai) and in Altai (Vascular Plants of the Soviet Far East, 1992).

типа (Виноградова и др., 2009; <http://geocnt.geonet.ru/googlemap>). В пределах Средней России растет в населенных пунктах, на насыпях шоссейных дорог и ж/д полотна, на пустырях и залежах, в огородах, посевах, по улицам и сорным местам, свалкам, разного рода техногенным территориям, берегам водоемов. Встречаемость вида, разнообразие занимаемых экотопов и обилие циклахены закономерно уменьшаются с юга на север (Виноградова и др., 2009).

Внедрение циклахены в разные растительные сообщества может быть связано с импортом зерна и подсолнечника из Северной Америки. Для некоторых стран – импортеров российской зерновой продукции данный вид указан как запрещенный к ввозу. В частности, для Китайской Народной Республики, Республики Корея, Иордании и Сербии циклахена дурнишниковидная является карантинным видом (<http://www.fczerma.ru>).

Был проведен анализ объемов продукции, с которой при экспортировании может быть потенциально связан объект исследования, тем самым представляя угрозу для стран-импортеров. В частности, рассматривались следующие виды продукции: пшеница и меслин; ячмень; овес; кукуруза; гречиха, просо и семена канареечника; прочие злаки; солод (поджаренный или неподжаренный); дробленые или недробленые семена льна, рапса, или кользы, подсолнечника; плоды прочих масличных культур; семена, плоды и споры для посева; отруби, высежки, мяскотки и прочие остатки от просеивания, помола или других способов переработки зерна злаков или бобовых культур, негранулированные или гранулированные. По данным Таможенной статистики внешней торговли РФ (stat.customs.ru), с территории Российской Федерации в 2018 г. было экспортировано суммарно 56 930 680 тонн указанных видов продукции, из них 1 955 338,8 тонны (3,4%) были поставлены в указанные выше страны. В 2019 г. всего было экспортировано 42 173 288 тонн, из них 1 189 299 тонн (2,8%) поставлены непосредственно в КНР, Иорданию, Сербию и Республику Корея. Указывается, что в 2020 г. (по состоянию на 04.03.2021) было реализовано 5 241 840 тонн продукции, в том числе 1 983 509 тонн (3,7%) – в перечисленные страны. Засорителями являются непосредственно плоды-семянки, которые могут быть обнаружены в различной подкарантинной продукции, главным образом – продовольственном и семенном материале технических и овощных культур, а также в сене, соломе и почве.

Согласно литературным источникам, по результатам анализа гербарных образцов Никитского ботанического сада (YALT), Академии биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» (CSAU), а также данных, представленных в проекте Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова – Национальный банк-депозитарий живых систем «Ноев ковчег» (<https://plant.depo.msu.ru>), и собственных полевых исследований установлено, что в период с 1965 г. по настоящий момент вид отмечен как на территории Республики Крым (в Симферопольском, Ленинском, Балаклавском, Кировском, Бахчисарайском, Нижнегорском, Красновардейском районах, городах Ялте, Джанкое, Керчи, Феодосии, Армянске), так и в городе

Most often it is a part of plant communities of the ruderal and weed-field type (Vinogradova et al., 2009; <http://geocnt.geonet.ru/googlemap>). Within Central Russia, it grows in settlements, on embankments of highways and railway tracks, on wastelands and fallow lands, in vegetable gardens, crops, along streets and weedy places, dumps, various kinds of technogenic territories, the shores of reservoirs. The frequency of occurrence of the species, the diversity of the occupied ecotopes and the abundance of *C. xanthiifolia* naturally decrease from south to north (Vinogradova et al., 2009).

The introduction of *C. xanthiifolia* into different plant communities may be associated with the import of grain and sunflower from North America. For some countries importing Russian grain products, this species is indicated as prohibited for import. In particular, for the People's Republic of China, the Republic of Korea, Jordan and Serbia, *C. xanthiifolia* is a quarantine species (<http://www.fczerma.ru>).

The volume of products with which the research object can be potentially associated during export, thereby posing a threat to importing countries was analyzed. In particular, the following types of products were considered: wheat and meslin; barley; oats; corn; buckwheat, millet and canary seeds; other cereals; malt (toasted or unroasted); crushed or uncrushed seeds of flax, rape, or colza, sunflower; fruits of other oilseeds; seeds, fruits and spores for sowing; bran, middlings, sharps and other residues from sifting, grinding or other methods of processing grain of cereals or legumes, non-granular or granular. According to the customs statistics of foreign trade of the Russian Federation (stat.customs.ru), a total of 56,930,680 tons of these types of products were exported from the territory of the Russian Federation in 2018, of which 1,955,338.8 tons (3.4%) were delivered to the above countries. In 2019, a total of 42,173,288 tons were exported, of which 1,189,299 tons (2.8%) were delivered directly to China, Jordan, Serbia and the Republic of Korea. It is indicated that in 2020 (as of 03/04/2021) 5,241,840 tons of products were sold, including 1,983,509 tons (3.7%) to the listed countries. Achenes are a weed, which can be found in various regulated products, mainly food and seed material of industrial and vegetable crops, as well as in hay, straw and soil.

According to the research papers, the results of the analysis of herbarium specimens of the Nikitsky Botanical Garden (YALT), the Academy of Bioresources and Nature Management of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University (CSAU), as well as data presented in the project of the Lomonosov Moscow State University – National Depository Bank of Live Systems “Noah’s Ark” (<https://plant.depo.msu.ru>), and our own field studies it was found that in the period from 1965 to the present, the species was recorded both on the territory of the Republic of Crimea (in Simferopol, Leninsky, Balaklavsky, Kirovsky, Bakhchisaray, Nizhnegorsky, Krasnogvardeisky Districts, the cities of Yalta, Dzhanqoy, Kerch, Feodosia, Armyansk), as well and in the federal city of Sevastopol. In 2020, about 15 habitats of the species were recorded on the territory of the Republic of Crimea – in Simferopol, Bakhchisarai, Belogorsk, Saky Districts, in the city of Armyansk (Fig. 1), mainly in ruderal habitats.

федерального значения Севастополе. В 2020 г. на территории Республики Крым было установлено около 15 местообитаний вида – в Симферопольском, Бахчисарайском, Белогорском, Сакском районах, в г. Армянске (рис. 1), преимущественно в рудеральных местообитаниях. Можно предположить, что основными векторами распространения вида в рудеральных местообитаниях стали завоз почвы для строительных работ на трассе «Таврида», перенос плодов-семянков на колесах автотранспорта и обуви людей, а также с семенами растений, предназначенными для посева вдоль придорожных территорий.

Наибольшее распространение вида отмечалось в рудеральных местообитаниях вдоль трассы «Таврида», где плотность растений достигала до 30 особей/м². На трассе 35А-002 (поворот с Симферопольской объездной дороги (Мирное – Дубки) в сторону пос. Айкавана) Симферопольского района были обнаружены очаги с проективным покрытием вида до 100%, плотностью растений – до 15–27 особей/м² (рис. 1b). Протяженность очагов составляла от 3 до 10 м. Таким образом, обилие вида в очагах варьировало от 2 до 5 баллов по шкале Браун-Бланке. Также отмечено внедрение циклахены в фитоценозы, находящиеся на начальной стадии сукцессионного процесса.

В остальных рудеральных местообитаниях вид имеет преимущественно диффузно-контагиозный

It can be assumed that the main pathways in ruderal habitats were the delivery of soil for construction work on the Tavrida highway, the transfer of seeds on the wheels of vehicles and footwear of people, as well as with plant seeds for sowing along roadside areas.

The greatest spreading of the species was noted in ruderal habitats along the Tavrida highway, where the plant density reached up to 30 specimens/m². On the 35A-002 highway (turning from the Simferopol bypass road (Mirnoe – Dubki) towards the Aikavan settlement) of the Simferopol region, foci were found with a projective cover of the species up to 100%, plant density up to 15–27 specimens/m² (Fig. 1b). The foci length ranged from 3 to 10 m. Thus, the abundance of the species in the foci varied from 2 to 5 degrees on the Brown-Blanquet scale. The introduction of *C. xanthiifolia* into phytocenoses at the initial stage of the successional process was also noted.

In the rest of the ruderal habitats, the species has a predominantly diffusely contagious character of spreading, the abundance does not exceed 1 degree (Fig. 1c). To a much lesser extent, the species was noted in the Bakhchisarai and Belogorsk regions. It should be noted that in 2020, in segetal communities, the species was recorded only in wheat crops in the north of Crimea in the city of Armyansk (Fig. 1d), the abundance of the species varied from + to 2 degrees on the Brown-Blanquet scale, while the species grew massively along the forest belt.



Рис. 1. *C. xanthiifolia* в различных растительных сообществах Крымского полуострова: а – по периферии посевов зерновых в Сакском р-не, с. Зерновое (07.07.2020) (фото Н.В. Цинкевича); б – вдоль объездной трассы г. Симферополя (17.07.2020) (фото Т.З. Омеляненко); в – вдоль городской трассы в г. Симферополе (19.06.2020) (фото Т.З. Омеляненко); г – в посевах пшеницы, г. Армянск (28.07.2020) (фото Т.З. Омеляненко)

Fig. 1. *C. xanthiifolia* in various plant communities of the Crimean Peninsula: а – along the periphery of cereal crops in the Saki region, Zernovoye (07.07.2020) (photo by N.V. Tsinkevich); б – along the bypass highway of Simferopol (17.07.2020) (photo by T.Z. Omelyanenko); в – along the city highway in Simferopol (19.06.2020) (photo by T.Z. Omelyanenko); г – in wheat crops, Armyansk (28.07.2020) (photo by T.Z. Omelyanenko)

характер распространения, обилие не превышает 1 балла (рис. 1с). В значительно меньшей степени вид отмечался в Бахчисарайском и Белогорском районах. Следует отметить, что в 2020 г. в сеgetальных сообществах вид был отмечен только в посевах пшеницы на севере Крыма в г. Армянске (рис. 1d), обилие вида варьировало от + до 2 баллов по шкале Браун-Бланке, тогда как вид массово произрастал вдоль лесополосы.

Исследуемый вид имеет стержневую корневую систему. Стебли прямые, толстые в основании, диаметр их варьировал от 1 до 4,2 см. Стебли ветвистые в верхней части, бороздчатые, бледно-зеленые с зеленоватыми продольными неглубокими полосами (рис. 2a), побеги в верхней части характеризуются также пурпурным цветом (рис. 2b). Нижняя часть побега покрыта рассеянно расположенными волосками, верхняя часть растений (в частности, цветоносы) опушена значительно больше. В рудеральных местообитаниях предгорного Крыма высота цветущих растений *C. xanthiifolia* варьировала от 135 до 253 см. Согласно литературным данным, высота растений в рудеральных местообитаниях в условиях Центральной России – до 250 см (Олейникова, 2014), на Южном Урале и в Приуралье – до 200 см (Абрамова, Нурмиева, 2014), в условиях Оренбуржья – до 126 см (Пикалова, 2020). Количество побегов

The studied species has a tap-root system. Stems are straight, thick at the base, their diameter varied from 1 to 4.2 cm. Stems are branched in the upper part, furrowed, pale green with greenish longitudinal shallow stripes (Fig. 2a), shoots in the upper part are also characterized by a purple color (Fig. 2b). The lower part of the shoot is covered with scattered hairs, the upper part of the plants (in particular, peduncles) is much more pubescent. In ruderal habitats of the foothill Crimea, the height of *C. xanthiifolia* flowering plants varied from 135 to 253 cm. According to research papers, the height of plants in ruderal habitats under conditions of Central Russia is up to 250 cm (Oleinikova, 2014), in the Southern Urals and in the Urals – up to 200 cm (Abramova, Nurmiyeva, 2014), in the conditions of Orenburg Oblast – up to 126 cm (Pikalova, 2020). The number of second-order shoots varied from 8 to 27, while at the base their length ranged from 60 to 120 cm, and at the top – up to 35 cm. According to other authors, the largest number of side shoots in the Republic of Bashkortostan was 8–12, while their maximum length varied from 18.3 to 26.9 cm (Abramova, Nurmiyeva, 2013), the number of second-order shoots in Central Russia – from 5 to 9 (Oleinikova, 2014).

Morphological and morphometric characteristics of leaf plates have some variability. In particular, the shape of the leaves varies from whole, ovate-oval



Рис. 2. Побег *C. xanthiifolia*:
а – бледно-зеленое основание побега; б – пурпурные побеги в верхней части растения (фото Т.З. Омеляненко)



Fig. 2. Shoot of *C. xanthiifolia*:
а – pale green shoot base; б – purple shoots at the top of the plant (photo by T.Z. Omelyanenko)



Рис. 3. Форма листовых пластин *C. xanthiifolia* на территории предгорного Крыма: а – цельный лист; б – двухлопастный лист; с – трехлопастный лист (фото Т.З. Омеляненко)

Fig. 3. Form of *C. xanthiifolia* leaf plates on the territory of the foothill Crimea: а – whole leaf; б – two-lobed leaf; с – three-lobed leaf (photo by T.Z. Omelyanenko)

второго порядка варьировало от 8 до 27 шт., при этом у основания их длина составляла от 60 до 120 см, а у вершины – до 35 см. По данным других авторов, наибольшее число боковых побегов в Республике Башкортостан составляло 8–12 шт., при этом максимальная их длина варьировала от 18,3 до 26,9 см (Абрамова, Нурмиева, 2013), количество побегов второго порядка в условиях Центральной России – от 5 до 9 шт. (Олейникова, 2014).

Морфологические и морфометрические характеристики листовых пластин имеют некоторую изменчивость. В частности, форма листьев варьирует от цельных, яйцевидно-овальных и сердцевидных с сужающейся вершиной до неравномерно слабо-двухлопастных и трехлопастных (рис. 3). Основание листьев – клиновидно суженное. Длина листовой пластины – до 20 см, ширина – до 12 см. Край листа – неравномерно пильчато-зубчатый. Листья в области соцветий – от овальных и обратно-яйцевидных до линейно-ланцетных с крупнозубчатым краем. Морфометрические показатели варьируют в различных регионах Российской Федерации. Так, в условиях Центральной России длина листовых пластин достигала 16,3 см, ширина – 11,4 см, в условиях Оренбуржья длина листьев – до 11,4 см, ширина – до 7,6 см (Пикалова, 2020).

Снизу листовые пластины сероватые от густого шелковисто-войлочного опушения. Длина черешков листьев в средней части растений достигает 15–18 см. Черешки листьев также опушены. Растения формируют многочисленные соцветия – корзинки, которые собраны в сложные кистевидные или метельчатые соцветия, имеющие верхушечное положение или располагающиеся в пазухах верхних листьев.

Корзинки поникающие, 2–4 мм в диаметре, полушаровидные. Женские цветки в корзинке имеют краевое положение (рис. 4а), в одном соцветии их 5 шт. В центре корзинок располагаются

and cordate with a tapering apex to irregularly weakly two-lobed and three-lobed (Fig. 3). The base of the leaves is cuneate. The length of the leaf plate is up to 20 cm, the width is up to 12 cm. The edge of the leaf is unevenly serrate-dentate. Leaves in the area of inflorescences – from oval and obovate to linear-lanceolate with a large toothed edge. Morphometric indicators vary in different regions of the Russian Federation. So, in the conditions of Central Russia, the length of the leaf plates reached 16.3 cm, the width – 11.4 cm, in the conditions of Orenburg Oblast, the length of the leaves – up to 11.4 cm, the width – up to 7.6 cm (Pikalova, 2020).

Below, the leaf plates are grayish from a dense silky tomentose pubescence. The length of the leaf petioles in the middle part of the plants reaches 15–18 cm. The leaf petioles are also pubescent. Plants form numerous inflorescences – capitula (or anthodium), which are collected in complex racemose or paniculate inflorescences that have an apical position or are located in the axils of the upper leaves.

Capitulum inclined, 2–4 mm in diameter, hemispherical. Female flowers in a capitulum have a marginal position (Fig. 4a); there are 5 of them in one inflorescence. In the center of the capitulum there are bisexual flowers, which are, however, functionally male (10–15 pcs.), with a five-toothed corolla and an underdeveloped sterile pistil (Kulakova et al., 2020). In studies carried out in the Republic of Bashkortostan (Abramova, Nurmieyeva, 2013), it was noted that the number of flowers in a capitulum varies from 11 to 36.

The capitulum has an involucre of 10 sepals arranged in 2 rows. The inner row is represented by concave, scarious, glumaceous, broadly obovate leaflets, truncated at the apex. The outer row consists of herbaceous involucre leaves, somewhat pointed, bearing 1–3 apical teeth covered with glandular pubescence, especially along the margin and along the midrib (Fig. 4b).

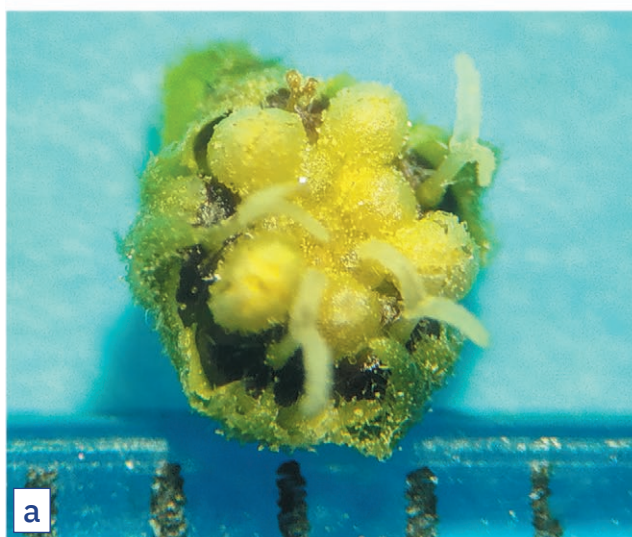


Рис. 4. Корзинки *C. xanthiifolia*: а – вид сверху (с остатками рылец пестиков женских цветков); б – вид снизу (внешний ряд листочков обертки корзинки) (фото Т.З. Омеляненко)



Fig. 4. Capitulum of *C. xanthiifolia*: a – view from above (with the remains of female flowers styles); b – view from below (outer row of leaves of the capitula involucre) (photo by T.Z. Omelyanenko)

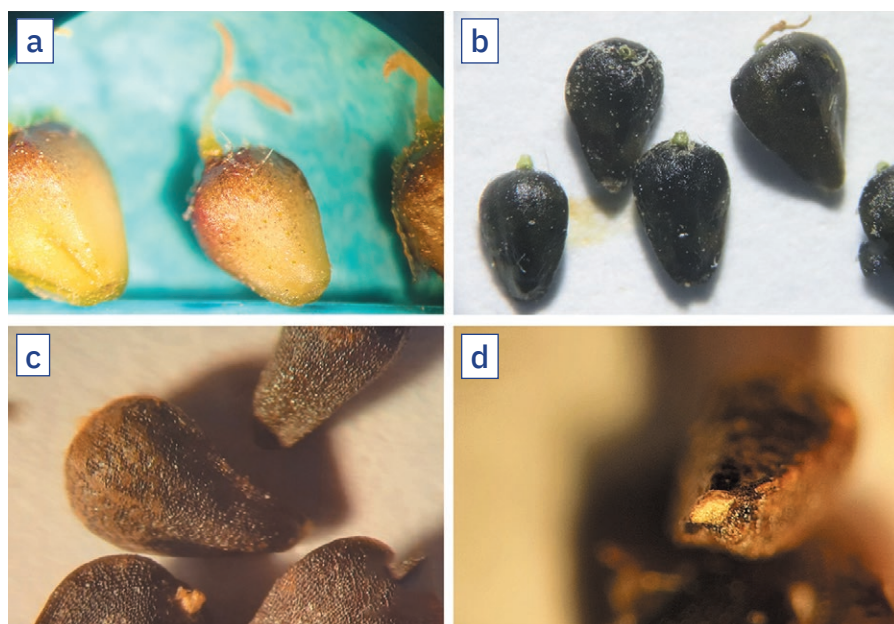


Рис. 5. Плоды-семянки *C. xanthiifolia*:
а – незрелые семянки с раздвоенным
рыльцем пестика; б – зрелые плоды-семянки;
с – характер поверхности зрелых плодов; д –
плодовый рубчик (фото Т.З. Омеляненко)

Fig. 5. Cypselas of *C. xanthiifolia*:
а – unripe cypselas with bifurcated
stigmas of the pistil; б – ripe cypselas;
с – surface type of ripe fruits; d – fruit
hilum (photo by T.Z. Omelyanenko)

обоеполые цветки, являющиеся, однако, функционально мужскими (10–15 шт.), с пятизубчатым венчиком и недоразвитым стерильным пестиком (Кулакова и др., 2020). В исследованиях, проведенных в Республике Башкортостан (Абрамова, Нурмиева, 2013), отмечено, что число цветков в корзинке варьирует от 11 до 36 шт.

Корзинки имеют обертку из 10 чашелистиков, располагающихся в 2 ряда. Внутренний ряд представлен вогнутыми, пленчатыми, голыми, широко-обратно-яйцевидными листочками, усеченными на вершине. Внешний ряд составляют травянистые листочки обертки, несколько заостренные, несущие 1–3 верхушечных зубца, а также покрытые железистым опушением, особенно – по краю и по средней жилке (рис. 4б).

Плоды при созревании располагаются в пленчатом, легко обрушивающемся околоцветнике. Семянки яйцевидные, обратногрушевидные по форме, книзу клиновидно суженные, 1,9–2,2 мм длиной, 1,0–1,8 мм шириной. Нижняя часть плодов – уплощенная, верхняя – более толстая, поверхность тонкозернистая, по всему телу семянки проходят продольные точечно-вдавленные ряды. Плоды слегка загнуты к брюшной стороне, с округлой спинной стороной и выраженными боковыми ребрами. В меньшей мере выражены ребра на широких поверхностях тела семянки – по одному ребру на каждой стороне; вершина – широкоокруглая, в незрелом состоянии – с остатком раздвоенного рыльца пестика (рис. 5а). Вершина покрыта светлыми многочисленными волосками, реже – единичными (рис. 5 а, б). В незрелом состоянии характерна зеленовато-коричневая, мелкоточечная окраска, переход к темному окрасу плодов происходит постепенно – сначала появляются темные пятна на их вершине, спустя непродолжительное время отмечается равномерное темное окрашивание всего тела семянки (рис. 5а).

Fruits, when ripe, are located in a glumaceous, easily collapsing perianth. Cypselas are ovate, inverted in shape, wedge-shaped tapering downwards, 1.9–2.2 mm long, 1.0–1.8 mm wide. The lower part of the fruit is flattened, the upper part is thicker, the surface is fine-grained, along the entire body of the achene there are longitudinal dot-depressed rows. Fruits are slightly curved towards the ventral side, with a rounded dorsal side and pronounced lateral ribs. The ribs are less pronounced on the wide surfaces of the cypselas body – one rib on each side; apex broadly round, in an immature state with a remnant of a bifurcated stigma of the pistil (Fig. 5a). The apex is covered with numerous light hairs, less often with single ones (Fig. 5 a, b). In an immature state, a greenish-brown, small-spot color is characteristic, the transition to a dark color of fruits occurs gradually – first, dark spots appear on their

top, after a short time, a uniform dark coloration of the entire body of the cypselas is noted (Fig. 5a).

When ripe, the remainder of the style remains at the apex in the form of a small outgrowth. Fruit hilum – from flattened to oval (Fig. 5d), the color of the fruit hilum and the remainder of the style is lighter than the main part of the cypselas body. The color of the cypselas varies from dark gray and dark brown to almost black (Fig. 5 b, c).

Calculation of seed productivity under the conditions of the quarantine introduction site showed that each plant 160–185 cm in height produces on average 22 thousand achenes. The data obtained significantly exceed the maximum seed productivity described in the conditions of Orenburg Oblast (Pikalova, 2020), where the number of seeds per plant did not exceed 5439. Also, the indicators of seed productivity obtained in Central Russia are somewhat inferior – from 500 to 16 500 (Oleinikova, 2014). However, the seed productivity of 1 plant in the Republic of Bashkortostan reached 30 thousand achenes, while the average indicators are within the range of 7.500 (Abramova, Nurmiyeva, 2013).

The first shoots of *C. xanthiifolia* in 2020 on the territory of the Simferopol region were discovered in the first ten days of June, the budding period was in mid-July, the beginning of flowering was noted from late July – early August, and flowering continued until September inclusive. The fruiting phase began in the first decade of August (see Table).

Under the conditions of the quarantine introduction site, most phases occurred 10–14 days later than in the nearest ruderal communities located at a distance of up to 15 km. It can be assumed that the extreme conditions of transplantation caused a shift in

Таблица

Фенология развития *C. xanthiifolia* в условиях предгорного Крыма и карантинного интродукционного участка (Южный филиал ФГБУ «ВНИИКР») в 2020 г.

	в условиях Симферопольского района	в условиях карантинного интродукционного участка
Фаза развития	Сроки наступления фенологических фаз	
Вегетация	Первая декада июня	Первая декада июня
Бутонизация	Середина июля	Первая декада августа
Цветение	Третья декада июля	Вторая – третья декада августа
Плодоношение	Первая декада августа	Третья декада августа – первая декада сентября
Отмирание растений	Конец сентября – начало октября	Середина октября

При созревании на вершине сохраняется остаток столбика в виде небольшого выроста. Плодовый рубчик – от уплощенной до овальной формы (рис. 5d), окраска плодового рубчика и остатка столбика светлее, чем основная часть тела семанки. Окраска семанок варьирует от темно-серой и темно-коричневой практически до черной (рис. 5 b, c).

Подсчет семенной продуктивности в условиях карантинного интродукционного участка показал, что каждое растение высотой 160–185 см продуцирует в среднем 22 тыс. плодовых-семянков. Полученные данные значительно превышают максимальную семенную продуктивность, описанную в условиях Оренбуржья (Пикалова, 2020), где число семян на 1 растение не превышало 5439 шт. Также несколько уступают показатели семенной продуктивности, полученные в Центральной России, – от 500 до 16 500 шт. (Олейникова, 2014). Однако семенная продуктивность 1 растения в Республике Башкортостан достигала 30 тыс. семян, при этом средние показатели находятся в пределах 7,5 тыс. шт. (Абрамова, Нурмиева, 2013).

Первые всходы циклахи дурнишниковидной в 2020 г. на территории Симферопольского района были обнаружены в первой декаде июня, период бутонизации пришелся на середину июля, начало цветения отмечалось с конца июля – начала августа, и продолжалось цветение до сентября включительно. Фаза плодоношения началась с первой декады августа (см. таблицу).

В условиях карантинного участка большинство фаз наступали на 10–14 дней позже, чем в составе ближайших рудеральных сообществ, находящихся на расстоянии до 15 км.

the phenology of development, while the duration of the phases in plants observed in ruderal habitats and in the conditions of the quarantine introduction site differed insignificantly.

CONCLUSION

The studied species has a significant spreading in the territory of the Russian Federation, being able to show different degrees of harmfulness. At the same time, appearing in the composition of agrocenoses, *C. xanthiifolia* reduces the export potential of the Russian Federation. Getting into plant communities of varying degrees of disturbance *C. xanthiifolia* is a threat to biological diversity and the cause of considerable economic losses.

Based on the conducted studies, it has been established that *C. xanthiifolia* continues to actively spread throughout the territory of the Republic of Crimea. It is recorded in ruderal and technogenic habitats, including in communities at the initial stage of succession. The abundance of the species in ruderal habitats varies from 1 to 5 on the Brown-Blanquet scale. The abundance of the species in the composition of segetal plant communities does not exceed 2 degrees. The studied species in various plant communities of the foothill Crimea goes through all phases of phenological development, forming a large number of achenes. Due to the expansion of highways and the increasing load on the transport routes of the Republic of Crimea, monitoring the introduction of new and spreading of previously introduced plant species plays a significant role in preventing the introduction of adventive species and their subsequent adaptation.

Table

Phenology of *C. xanthiifolia* development in the conditions of the foothill Crimea and the quarantine introduction site (Southern Branch of FGBU “VNIICR”) in 2020

	Simferopol region	quarantine introduction site
Development phase	The timing of the onset of phenological phases	
Vegetation	First ten days of June	First ten days of June
Budding	Mid July	First ten days of August
Flowering	Third ten days of July	Second – third ten days of August
Fruiting	First ten days of August	Third ten days of August – First ten days of September
Plant dying	End of September – beginning of October	Mid October

Можно предположить, что экстремальные условия пересадки явились причиной сдвига в фенологии развития, при этом продолжительность фаз у растений, наблюдаемых в рудеральных местообитаниях и в условиях карантинного интродукционного участка, отличалась незначительно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследуемый вид имеет значительное распространение на территории Российской Федерации, обладая способностью проявлять разную степень вредоносности. Вместе с тем, появляясь в составе агроценозов, циклахена снижает экспортный потенциал Российской Федерации. Циклахена дурнишникolistная, внедряясь в растительные сообщества различной степени нарушенности, является угрозой биологическому разнообразию и причиной немалых экономических потерь.

На основании проведенных исследований установлено, что циклахена продолжает активно распространяться по территории Республики Крым. Отмечается в рудеральных и техногенных местообитаниях, в том числе в сообществах, находящихся на начальной стадии сукцессии. Обилие вида в составе рудеральных местообитаний варьирует от 1 до 5 баллов по шкале Браун-Бланке. Обилие вида в составе сегетальных растительных сообществ не превышает 2 баллов. Исследуемый вид в различных растительных сообществах предгорного Крыма проходит все фазы фенологического развития, формируя большое количество плодов-семянков. В связи с расширением магистралей и возрастающей нагрузкой на транспортные пути Республики Крым, мониторинг внедрения новых и распространения проникнувших ранее видов растений играет весомую роль в недопущении заноса адвентивных видов и их последующей акклиматизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова Л., Ануфриев О., Крутьков В., Хасанова Г., 2008. Опыт контроля численности инвазивных видов амброзии трехраздельной и циклахены дурнишникolistной в Республике Башкортостан (с. 47–51). – Агрохимия, № 3, 96 с.
2. Абрамова Л., Нурмиева С., 2013. К биологии инвазивного вида *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. в Республике Башкортостан (с. 131–134). – Вестник ОГУ, № 5, 222 с.
3. Абрамова Л., Нурмиева С., 2014. К экологии и биологии инвазивного вида – *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. на Южном Урале и в Приуралье (с. 250–256). – Экология, 45 (4), 317 с.
4. Абрамова Л., 2012. Экспансия чужеродных видов растений на Южном Урале (Республика Башкортостан): анализ причин и экологических угроз (с. 324–330). – Экология, № 5, 386 с.
5. Виноградова Ю., Майоров С., Хорун Л. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России. – М.: ГЕОС, 2009, с. 161–169.
6. Голубев В., Корженевский В. Методические рекомендации по геоботаническому изучению и классификации растительности Крыма. – Ялта: ГНБС, 1985, 37 с.
7. Костина В., 2001. Дополнения к флоре Мурманской области (с. 101–105). – Ботанический журнал, 86 (10), 74 с.

REFERENCES

1. Abramova L., Anufriev O., Krutkov V., Khasanova G. The experience of controlling the number of invasive species of *Ambrosia trifida* L. and *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. in the Republic of Bashkortostan [Opyt kontrolya chislennosti invazivnykh vidov ambrozii trekhrazdelnoy i tsiklakheny durnishnikolistnoy v Respublike Bashkortostan]. *Agrokhimia*. 2008; 3: 47–51 (in Russian).
2. Abramova L., Nurmiyeva S. On the biology of the invasive species *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. in the Republic of Bashkortostan [K biologii invazivnogo vida *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. v Respublike Bashkortostan]. *Vestnik OSU*. 2013; 5: 131–134 (in Russian).
3. Abramova L., Nurmiyeva S. On the ecology and biology of invasive species *Cyclachaena Xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. in the Southern Urals and Cisural Region [K ekologii i biologii invazivnogo vida – *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. na Yuzhnom Urale i v Priuralye]. *Russian Journal of Ecology*. 2014; 45 (4): 250–256 (in Russian).
4. Abramova L. Expansion of invasive alien plant species in the Republic of Bashkortostan, the Southern Urals: analysis of causes and ecological consequences [Ekspansiya chuzherodnykh vidov rasteniy na Yuzhnom Urale (Respublika Bashkortostan): analiz prichin i ekologicheskikh ugroz]. *Russian Journal of Ecology*. 2012; 5: 324–330 (in Russian).
5. Vinogradova Y., Mayorov S., Khorun L. The Black Book of Flora of Central Russia: Alien Plant Species in the Ecosystems of Central Russia [Chernaya kniga flory Sredney Rossii: chuzherodnyye vidy rasteniy v ekosistemakh Sredney Rossii]. Moscow, GEOS, 2009: 161–169 (in Russian).
6. Golubev V., Korzhenevsky V. Methodological recommendations for geobotanical study and classification of Crimean vegetation [Metodicheskiye rekomendatsii po geobotanicheskomu izucheniyu i klassifikatsii rastitel'nosti Kryma]. Yalta, GNBS, 1985. 37 p. (in Russian).
7. Kostina V. Additions to the flora of Murmansk Province [Dopolneniya k flore Murmanskoy oblasti]. *Botanical Journal*. 2001; 200186 (10): 101–105 (in Russian).
8. Krasnoborov N. About some species in the flora of Altai Krai [Po povodu nekotorykh vidov vo flore Altayskogo kraya]. *Turczaninowia*, 2000; 3 (1): 56–57 (in Russian).
9. Kulakova Yu., Kulakov V., Omelyanenko T. Methodological recommendations for the detection and identification of *Iva xanthiifolia* Nuttall [Metodicheskiye rekomendatsii po vyyavleniyu i identifikatsii *Iva xanthiifolia* Nuttall]. Moscow Oblast, Bykovo, MR VNIKR. 2020; 66-2020: 18–29 (in Russian).
10. Kurdyukova O., Tyischuk E. A technique for estimating seed production of weeds [Metodika opredeleniya semennoy produktivnosti sornykh rasteniy]. *Rastitelnye Resursy* (Plant Resources). 2019; 55 (1): 130–138 (in Russian).
11. Lomonosova M., Zykova E. Floristic discoveries in the city of Novosibirsk [Floristicheskiye nakhodki v gorode Novosibirske]. *Turczaninowia*. 2003; 6 (1): 63 – 66 (in Russian).

8. Красноборов Н., 2000. По поводу некоторых видов во флоре Алтайского края (с. 56–57). – *Turczaninowia*, 3 (1), 80 с.
9. Кулакова Ю., Кулаков В., Омеляненко Т., 2020. Методические рекомендации по выявлению и идентификации *Iva xanthiifolia* Nuttall / Инв. № 66-2020 МР ВНИИКР. Московская область, р. п. Быково: 18–29.
10. Курдюкова О., Тыщук Е., 2019. Методика определения семенной продуктивности сорных растений (с. 130–138). – *Растительные ресурсы*, 55 (1), 138 с.
11. Ломоносова М., Зыкова Е., 2003. Флористические находки в городе Новосибирске (с. 63–66). – *Turczaninowia*, 6 (1), 87 с.
12. Миркин Б., Розенберг Г. Фитоценология: Принципы и методы. – М.: Наука, 1978, 212 с.
13. Миркин Б., Наумова Л. Краткий курс общей экологии. Часть II: Экология экосистем и биосферы: Учебник. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2011, с. 96.
14. Миркин Б., Ямалов С., Наумова Л., 2007. Синантропные растительные сообщества: модели организации и особенности классификации (с. 446–454). – *Журнал общей биологии*, 68 (6), 478 с.
15. Олейникова Е. Стержнекорневые травы юго-востока Средней России: автореф. дис. на соиск. учен. степ. доктора биол. наук (03.02.01) / Е.М. Олейникова, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». Воронеж, 2014, 452 с.
16. Панасенко Н., 2013. Растения-«трансформеры»: признаки и особенности выделения (с. 17–22). – *Вестн. Удмуртск. Ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле*, № 2, 141 с.
17. Пикалова Е., 2020. Морфометрические параметры и семенная продуктивность *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen и *Ambrosia trifida* L. в условиях Оренбуржья (с. 184–195). – *Вестник Оренбургского государственного педагогического университета*, № 4 (36), 399 с. DOI: 10.32516/2303-9922.2020.36.9.
18. Протопопова В. Синантропная флора Украины и пути ее развития. – К.: Наукова думка, 1991, 204 с.
19. Прохорова С., Глухов А., 2004. Особенности распространения *Iva xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. в техногенных условиях юго-востока Украины (с. 182). *Материалы 8 Молодеж. конф. ботаников в Санкт-Петербурге (17–21 мая 2004 г.)*, СПб., 274 с.
20. Сенатор С., Саксонов С., Васюков В., Раков Н., 2017. Инвазионные и потенциально инвазионные растения среднего Поволжья (с. 57–69). – *Российский журнал биологических инвазий*, № 1, 89 с.
21. Сосудистые растения советского Дальнего Востока. / Отв. ред. С. Харкевич. Том 6. – СПб.: Наука, 1992, 428 с.
22. Шенников А. Введение в геоботанику. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1964, 446 с.
23. Braun-Blanquet, 1964. *Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde*. 3rd Edition (p. 631), Springer-Verlag, Berlin, 866 p.
24. Dihoru G., 2004. Invasive plants in Romania's flora (p. 73–83). In: *Analele Universitatii din Craiova*, 9 (45), 89 p.
25. Heenan P., Lange P., de Cameron E., Ogle C., Champion P., 2004. Checklist of dicotyledons, gymnosperms, and pteridophytes naturalised or
12. Mirkin B., Rosenberg G. *Phytocenology: Principles and Methods* [Fitotsenologiya: Printsipy i metody]. Moscow. Nauka. 1978, 212 p. (in Russian).
13. Mirkin B., Naumova L. A short course in general ecology. Part II: Ecology of Ecosystems and Biosphere: A Textbook [Kratkiy kurs obshchey ekologii. Chast' II: Ekologiya ekosistem i biosfery: Uchebnik]. Ufa. Publishing house BSPU. 2011. 96 p. (in Russian).
14. Mirkin B., Yamalov S., Naumova L. Synanthropic plant communities: organization models and classification features [Sinantropnyye rastitel'nyye soobshchestva: modeli organizatsii i osobennosti klassifikatsii]. *Journal of General Biology*. 2007; 68 (6): 446–454 (in Russian).
15. Oleinikova E. Taproot herbs of the southeast of Central Russia: author. dis. for Advanced Doctor of Biol. Sciences (03.02.01) / E.M. Oleinikova, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I". Voronezh, 2014; 452 p. (in Russian).
16. Panasenko N. Plants-transformers: signs and features of allocation [Rasteniya-"transformery": priznaki i osobennosti vydeleniya] *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*. 2013; 2: 17–22 (in Russian).
17. Pikalova E. Morphometric parameters and seed productivity of *Cyclachaena Xanthiifolia* (Nutt.) Fresen and *Ambrosia Trifida* L. in the conditions of the Orenburg Region [Morfometricheskiye parametry i semennaya produktivnost' *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen i *Ambrosia trifida* L. v usloviyakh Orenburzhya]. *Vestnik of Orenburg State Pedagogical University*. 2020; 4 (36): 184–195 (in Russian).
18. Protopopova V. Synanthropic flora of Ukraine and ways of its development [Sinantropnaya flora Ukrainy i puti yeye razvitiya]. Kiev. Naukova dumka. 1991, 204 p. (in Ukrainian).
19. Prokhorova S., Glukhov A. Peculiarities of spreading of *Iva xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. in the technogenic conditions of the south-east of Ukraine [Osobennosti rasprostraneniya *Iva xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. v tekhnogennykh usloviyakh yugo-vostoka Ukrainy]. *Materials 8 Youth. conf. botanists in St. Petersburg (May 17–21, 2004)*. SPb. 2004: 182 (in Russian).
20. Senator S., Saxonov S., Vasyukov V., Rakov N. Invasive and potentially invasive plants of the middle Volga Region [Invazionnyye i potentsialno invazionnyye rasteniya srednego Povolzhya]. *Russian Journal of Biological Invasions*. 2017; 1: 57–69 (in Russian).
21. Vascular plants of the Soviet Far East. Resp. ed. S. Kharkevich. SPb, Nauka. 1992; 6 (in Russian).
22. Shennikov A. Introduction to Geobotany. L.: Publishing house of Leningrad State University, 1964, 446 p. (in Russian).
23. Braun-Blanquet, 1964. *Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde*. 3rd Edition (p. 631), Springer-Verlag, Berlin, 866 p.
24. Dihoru G. Invasive plants in Romania's flora (p. 73–83). *Analele Universitatii din Craiova*, 2004; 9 (45): 89 p.
25. Heenan P., Lange P., de Cameron E., Ogle C., Champion P. Checklist of dicotyledons, gymnosperms,

casual in New Zealand: additional records 2001–2003 (p. 797–814). – *New Zealand Journal of Botany*, 42 (5), 957 p.

26. Protopopova V., Shevera M., Mosyakin S., 2006. Deliberate and unintentional introduction of invasive weeds: a case study of the alien flora of Ukraine (p. 17–33). – *Euphytica*, 148 (1/2), 216 p. DOI:10.1007/s10681-006-5938-4.

27. Sirbu C., 2008. Chorological and phytocoenological aspects regarding the invasion of some alien plants, on the Romanian territory (p. 60–68). – *Acta Horti Botanici Bucurestiensis*, 35, 98 p.

28. Депозитарий живых систем «Ноев ковчег». – URL: <https://plant.depo.msu.ru> (дата обращения: 19.02.2021).

29. Инвазионные виды на территории России (Top 100 worst). – URL: <http://www.sevin.ru/Top100Worst> (дата обращения: 19.02.2021).

30. Таможенная статистика внешней торговли РФ. – URL: stat.customs.ru (дата обращения: 21.04.2021).

31. Требования стран-импортеров к качеству и безопасности зерна. – URL: <http://www.fczerma.ru> (дата обращения: 13.02.2021).

32. Alien plant species of European Russia. – URL: <http://geocnt.geonet.ru/googlemap> (дата обращения: 11.02.2021).

33. CABI. *Iva xanthiifolia* // Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International, 2019. – URL: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/120279> (дата обращения: 02.02.2021).

34. Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring countries. – URL: <http://www.agroatlas.ru> (дата обращения: 19.02.2021).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Омельяненко Татьяна Зеликовна, младший научный сотрудник научно-методического отдела Южного филиала ФГБУ «ВНИИКР», г. Симферополь, Республика Крым, Россия; ORCID 0000-0003-2200-8591, e-mail: o.tanya-work@yandex.ru.

and pteridophytes naturalised or casual in New Zealand: additional records 2001–2003 (p. 797–814). *New Zealand Journal of Botany*, 2004; 42 (5), 957 p.

26. Protopopova V., Shevera M., Mosyakin S. Deliberate and unintentional introduction of invasive weeds: a case study of the alien flora of Ukraine. *Euphytica*, 2006; 148 (1/2): 17–33, 216 p. DOI:10.1007/s10681-006-5938-4.

27. Sirbu C. Chorological and phytocoenological aspects regarding the invasion of some alien plants, on the Romanian territory. *Acta Horti Botanici Bucurestiensis*, 2008; 35: 60–68.

28. National Depository Bank of Live Systems “Noah’s Ark”. URL: <https://plant.depo.msu.ru> (last accessed: 19.02.2021) (in Russian).

29. Invasive species on the territory of Russia (Top 100 worst). URL: <http://www.sevin.ru/Top100Worst> (last accessed: 19.02.2021) (in Russian).

30. Customs statistics of foreign trade of the Russian Federation. URL: stat.customs.ru (last accessed: 21.04.2021) (in Russian).

31. Requirements of importing countries for the quality and safety of grain. URL: <http://www.fczerma.ru> (last accessed: 13.02.2021) (in Russian).

32. Alien plant species of European Russia. URL: <http://geocnt.geonet.ru/googlemap> (last accessed: 11.02.2021) (in Russian).

33. CABI. *Iva xanthiifolia* // Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International, 2019. URL: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/120279> (last accessed: 02.02.2021) (in Russian).

34. Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring countries. URL: <http://www.agroatlas.ru> (last accessed: 19.02.2021) (in Russian).

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Tatyana Omelyanenko, Junior Researcher, Research and Methodology Department, Southern Branch of FGBU “VNIKR”, Simferopol, Republic of Crimea, Russia; ORCID 0000-0003-2200-8591, e-mail: o.tanya-work@yandex.ru.

О результатах испытания различных типов феромонных ловушек для отлова восточной плодовой *Grapholita molesta* (Busck, 1916) в условиях Южного берега Крыма

В.Э. ГЛЕБОВ¹, Д.А. КОРЖ², Е.В. СЕНИЦЫНА³,
Н.З. ФЕДОСЕЕВ⁴

¹ Южный филиал ФГБУ «Всероссийский центр
карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»),
г. Симферополь, Республика Крым, Россия

² ФГБУН «Никитский ботанический сад –
Национальный научный центр РАН»
(ФГБУН «НБС-ННЦ»), г. Ялта,
Республика Крым, Россия

^{3,4} ФГБУ «Всероссийский центр карантина
растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково,
г. Раменское, Московская область, Россия

¹ e-mail: valeriy.glebov.93@mail.ru

² ORCID 0000-0002-9495-9129,
e-mail: ent.protection@yandex.ru

³ ORCID 0000-0002-6314-3151,
e-mail: katesinitsyna@gmail.com.

⁴ e-mail: nazfed@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В работе представлены результаты полевых испытаний 3 типов феромонных ловушек производства ФГБУ «ВНИИКР» для отлова восточной плодовой *Grapholita molesta* (Busck, 1916) в условиях Южного берега Крыма. Установлено, что наибольшую эффективность показали типы ловушек «Дельта» и «Ромб», на которые в среднем было отловлено 158 и 156 особей/ловушку соответственно. В то же время ловушки типа «Квадро» оказались менее эффективными, количество отловленных самцов восточной плодовой составила 104 особи/ловушку.

Ключевые слова. Восточная плодовая, *Grapholita molesta*, синтетический половой феромон, клеевая ловушка, карантин растений.

ВВЕДЕНИЕ

Восточная плодовая *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae: Olethreutinae) – фитофаг, повреждающий плоды и побеги культур семейства Rosaceae. Родиной *G. molesta* считается Восточная Азия (Япония, Китай, Корея), откуда вредитель мигрировал в другие страны (Шутова, 1980). В зависимости от

On the results of testing various types of pheromone traps for collecting oriental fruit moth *Grapholita molesta* (Busck, 1916) in the conditions of the southern coast of Crimea

V.E. GLEBOV¹, D.A. KORZH², E.V. SINITSYNA³,
N.Z. FEDOSEEV⁴

¹ Southern Branch of FGBU “All-Russian
Plant Quarantine Center” (FGBU “VNIICR”),
Simferopol, Republic of Crimea, Russia

² FGBUN “Nikitsky Botanical Garden – National
Scientific Center of the Russian Academy
of Sciences” (FGBUN “NBG-NSC”), Yalta,
Republic of Crimea, Russia

^{3,4} FGBU “All-Russian Plant Quarantine Center”
(FGBU “VNIICR”), Bykovo, Ramenskoye, Moscow
Oblast, Russia

¹ e-mail: valeriy.glebov.93@mail.ru

² ORCID 0000-0002-9495-9129,
e-mail: ent.protection@yandex.ru

³ ORCID 0000-0002-6314-3151,
e-mail: katesinitsyna@gmail.com.

⁴ e-mail: nazfed@mail.ru

ABSTRACT

The work presents the results of field studies of 3 pheromone trap types produced by FGBU “VNIICR” for collecting oriental fruit moth *Grapholita molesta* (Busck, 1916) in the conditions of the southern coast of Crimea. It was stated that the most efficient were the trap types “Delta” and “Diamond”, which could collect 158 and 156 individuals/trap respectively. At the same time, “Quadro” traps turned out to be less effective; the number of oriental fruit moth males collected were 104 individuals/trap.

Keywords. Oriental fruit moth, *Grapholita molesta*, synthetic sex pheromone, glue trap, plant quarantine.

INTRODUCTION

Oriental fruit moth *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae: Olethreutinae) is a phytophagous damaging fruits and shoots of Rosaceae family crops.

климатических условий региона вредитель развивается в 4–5 генерациях с апреля по сентябрь. При сухой и теплой погоде лёт бабочек может продолжаться и в октябре. Для развития 1 генерации необходима сумма эффективных температур (СЭТ), равная 522 °C выше холодного порога 9 °C, что в среднем составляет от 20 до 25 суток (Балыкина, 2020; Balykina, 2020). Согласно исследованиям, проведенным в странах бывшего СССР (Аракелян, 1980; Кипиани, 1980), отмечено, что в наибольшей мере повреждаются побеги косточковых: персика – от 50 до 70%, черешни и вишни – от 25 до 35%, абрикоса и сливы – от 20 до 25%; побеги семечковых максимально повреждаются у айвы – до 20%. Поврежденность плодов персика, нектарина, сливы, груши, айвы иногда достигает 90–100%, яблони – от 40 до 45%. Плоды семечковых культур интенсивнее повреждаются со второй половины лета и осенью, менее – весной и в начале лета. В условиях Крымского полуострова установлено, что близкое расположение косточковых и семечковых насаждений является благоприятным условием для развития и размножения *G. molesta* (Балыкина, 2020). В настоящее время численность популяций восточной плодовой моли контролируется с помощью химических методов. Одним из важнейших этапов в разработке эффективной системы защиты растений является проведение феромонного мониторинга для исследования фенологии фитофагов. Первые полевые испытания половых феромонов *G. molesta* на территории бывшего СССР были проведены в 1967 г. в Краснодарском крае. Полученные данные свидетельствовали о высокой биологической активности и видоспецифичности половых феромонов при отлове самцов вида (Магомедов, 2010).

В 1969 г. в Соединенных Штатах Америки был определен основной компонент полового феромона самки восточной плодовой моли – ацетат-*цис*-8-додецен-1-ола, который экстрагировали из брюшного сегмента насекомых (Roelofs, 1969). Позднее были идентифицированы другие компоненты, также входящие в состав полового феромона самок восточной плодовой моли, а именно: ацетат-*транс*-8-додецен-1-ола, *цис*-8-додецен-1-ол и додеканол (Carde, 1979). В ходе проведения обширных исследований было установлено, что ацетат-*цис*-8-додецен-1-ола, ацетат-*транс*-8-додецен-1-ола и *цис*-8-додецен-1-ол играют важную роль в коммуникационной системе данного вида и их присутствие в смеси является обязательным для эффективного отлова насекомых (Linn, 1986; Carde, 1975; Carde, 1975). В 1978–1979 гг. с помощью феромонных ловушек восточной плодовой моли были получены данные о сигнальных обнаружениях вредителя в различных областях Украины, Молдавии и России (Краснодарский край) (Сметник, 1990).

Феромонные ловушки *G. molesta* производства ФГБУ «ВНИИКР» нашли свое широкое применение не только при установлении карантинного фитосанитарного состояния территории РФ в зоне, подверженной опасности, но и для своевременной локализации очагов. Разработка новых типов ловушек в целях изучения карантинного фитосанитарного состояния территории РФ требует их апробации на практике перед широким использованием.

G. molesta is considered to originate from East Asia (Japan, China, Korea), from where the pest migrated to other countries (Shutova, 1980). Depending on the climatic conditions of the region, the pest develops in 4–5 generations from April to September. In dry and warm weather, the flight of moths can continue in October. For the development of 1 generation, a sum of effective temperatures (ETS) is required, equal to 522 °C above the cold threshold of 9 °C, which on average ranges from 20 to 25 days (Balykina, 2020). According to studies carried out in the former USSR countries (Arakelyan, 1980; Kipiani, 1980), it was noted that stone fruit shoots are most damaged: peaches – from 50 to 70%, sweet cherries and cherries – from 25 to 35%, apricots and plums – from 20 to 25%; pomaceous shoots are mostly damaged in quinces – up to 20%. Damage to peach, nectarine, plum, pear, quince fruits sometimes reaches 90–100%, apple fruits – from 40 to 45%. Pomaceous fruits are damaged more intensively from the second half of summer and autumn, less – in spring and early summer. In the conditions of the Crimean Peninsula, it was found that the close location of stone fruit and pomaceous plantations is a favorable condition for the development and reproduction *G. molesta* (Balykina, 2020). Currently, the population of oriental fruit moth is controlled by chemical methods. One of the most important stages in the development of an effective plant protection system is pheromone monitoring to study the phenology of phytophagous. First field trials of *G. molesta* sex pheromones on the territory of the former USSR were carried out in 1967 in Krasnodar Krai. The data obtained indicated a high biological activity and species-specificity of sex pheromones when collecting males (Magomedov, 2010).

In 1969, in the United States of America, the main component of the sex pheromone of the female oriental fruit moth, acetate-*cis*-8-dodecen-1-ol, was determined, which was extracted from the abdominal segment of insects (Roelofs, 1969). Later, other components were identified that are also part of the sex pheromone of the female oriental fruit moth, namely: acetate-*trans*-8-dodecen-1-ol, *cis*-8-dodecen-1-ol and dodecanol (Carde, 1979). In the course of extensive research, it was found that acetate-*cis*-8-dodecen-1-ol, acetate-*trans*-8-dodecen-1-ol and *cis*-8-dodecen-1-ol play an important role in the communication system of this species and their presence in the mixture is essential for effective trapping of insects (Linn, 1986; Carde, 1975; Carde, 1975). In 1978–1979, using pheromone traps for oriental fruit moth, data were obtained on signal detection of the pest in various regions of Ukraine, Moldova and Russia (Krasnodar Krai) (Smetnik, 1990).

Pheromone traps for *G. molesta* produced by FGBU «VNIICR» found their widespread use not only in establishing the quarantine phytosanitary state of the territory of the Russian Federation in an endangered zone, but also for the timely outbreaks localization. The development of new trap types to study the quarantine phytosanitary state of the territory of the Russian Federation requires their testing in practice before widespread use. The purpose of this work was to determine

Целью настоящей работы являлось определение подходящего типа ловушки для наиболее эффективного отлова бабочек *G. molesta* в условиях Южного берега Крыма. Полученные таким образом данные позволяют спрогнозировать развитие вредителя, спланировать проведение своевременных защитных мероприятий против него, а также рекомендовать определенные типы ловушек для исследуемого вида, что определяет актуальность проведенных исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения полевых испытаний использовали синтетический аналог полового феромона самки восточной плодовой моли производства ФГБУ «ВНИИКР». Синтез компонентов данного аналога (в виде синтетической феромонной смеси) – ацетата-*цис*-8-додецен-1-ола (I), ацетата-*транс*-8-додецен-1-ола (II) и *цис*-8-додецен-1-ола (III) – был разработан и осуществлен на основе реакции изомеризации 2-алкин-1-олов в омега-алкин-1-олы согласно схеме на рисунке 1.

Полученный синтетический аналог из вышеперечисленных компонентов наносили на диспенсер, используя растворитель. Диспенсер представляет собой серую резиновую пробку из бромбутилкаучука высотой 8 (±2) мм и диаметром 13 (±2) мм. В ходе опытов для всех типов ловушек использовали синтетическую феромонную смесь, описанную выше.

В опыте использовали 3 типа клеевых ловушек производства ФГБУ «ВНИИКР»: «Дельта» или «Дельта Н» (новая), «Ромб» и «Квадро». Все ловушки изготовлены из жесткого ламинированного картона белого цвета, внутренняя поверхность которых покрыта энтомологическим клеем. Ловушка типа «Дельта» представляет собой пластину размером 400 (±10) × 230 (±10) мм, сложенную в пространственную фигуру треугольник с основанием и закрепленную с двух сторон (рис. 2а). Размер «Дельты» в собранном виде составляет 190 (±10) × 130 (±10) мм. Ловушка ромбовидная состоит из двух пластин, сложенных в пространственную фигуру ромб, с двумя верхними гранями, размер каждой из которых – 10 (±1) × 16 (±1) см, и двумя нижними гранями, размер каждой из них – 9 (±1) × 16 (±1) см (рис. 2б). Ловушка типа «Квадро» представляет собой пластину размером 440 (±30) × 240 (±30) мм, сложенную в пространственную фигуру по форме прямоугольника, с четырьмя внешними гранями (рис. 2с). Размеры ловушки в собранном виде составляют 240 (±10) × 120 (±10) × 105 (±10) мм.

Ловушки размещали 19 мая 2020 г. в коллекционных насаждениях персика и нектарина на территории федерального государственного бюджетного учреждения науки «Никитский ботанический

the appropriate trap type for the most efficient collecting of *G. molesta* moths in the conditions of the southern coast of Crimea. The data obtained this way make it possible to predict the development of the pest, plan the implementation of timely protective measures against it, and also recommend certain types of traps for the species under study, which determines the relevance of the research.

MATERIALS AND METHODS

For field trials, we used a synthetic analogue of the sex pheromone of the female oriental fruit moth produced by FGBU «VNIICR». Synthesis of the components of this analogue (in the form of a synthetic pheromone mixture) – acetate-*cis*-8-dodecen-1-ol (I), acetate-*trans*-8-dodecen-1-ol (II) and *cis*-8-dodecen-1-ol (III) – was developed and carried out on the basis of the isomerization reaction of 2-alkyne-1-ols to omega-alkyne-1-ols according to the scheme in Figure 1.

The resulting synthetic analogue of the above components was applied to a dispenser using a solvent. The dispenser is a gray bromobutyl rubber stopper with a height of 8 (±2) mm and a diameter of 13 (±2) mm. During the experiments, for all types of traps, the synthetic pheromone mixture described above was used.

The experiment used 3 types of glue traps produced by FGBU «VNIICR»: «Delta» or «Delta N» (new), «Diamond» and «Quadro». All traps are made of rigid white laminated cardboard, the inner surface of which is covered with entomological glue. The «Delta» type trap is a plate 400 (±10) × 230 (±10) mm, folded into a spatial triangle with a base and fixed on both sides (Fig. 2a). The assembled «Delta» size is 190 (±10) × 130 (±10) mm. The diamond-shaped trap consists of two plates folded into a spatial diamond figure, with two upper faces, the size of each of which is 10 (±1) ×

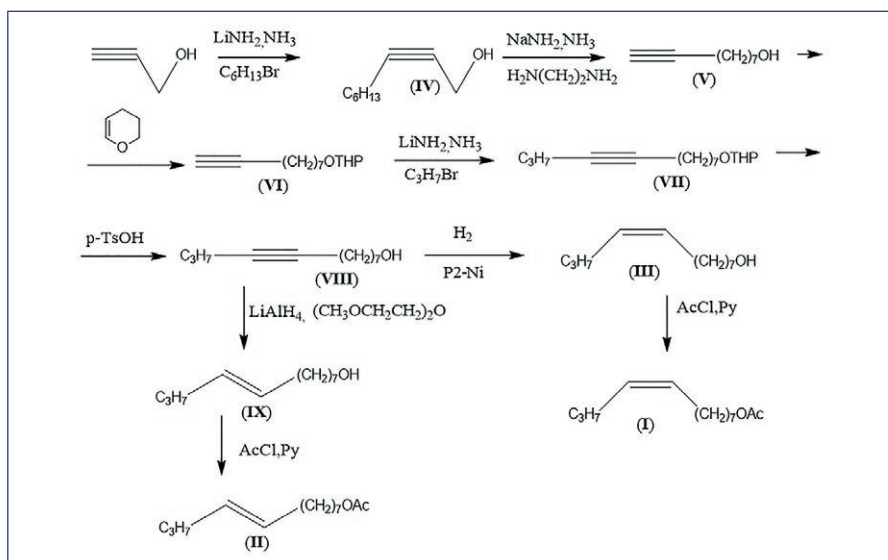


Рис. 1. Схема синтеза основных компонентов в составе синтетического аналога полового феромона самки восточной плодовой моли производства ФГБУ «ВНИИКР» (ориг.)

Fig. 1. Scheme of the synthesis of the main components in the composition of the synthetic analogue of the sex pheromone of the female oriental fruit moth produced by FGBU «VNIICR» (orig.)

сад – Национальный научный центр» (НБС-ННЦ), г. Ялта, п. г. т. Никита, Республика Крым. Каждый тип ловушки тестировали в 4-кратной повторности, ловушки размещали согласно схеме, приведенной на рисунке 3. Учет и выборку насекомых проводили каждые 7–10 суток с 27 мая по 19 августа, замену ловушек проводили по мере их загрязнения. Всего было проведено 10 учетов.

Идентификация отловленных в феромонные ловушки насекомых проводилась в соответствии со Стандартом организации ВНИИКР № 2.006-2010 «Восточная плодовая *Grapholita molesta* (Busck, 1916). Методы выявления и идентификации».

Математическая обработка данных проводилась с помощью программного обеспечения Microsoft Excel, вычисляли среднее значение и ошибку среднего (SE).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что в ловушки «Дельта» и «Ромб» бабочки вредителя отлавливались на одинаковом

16 (± 1) cm, and two lower faces, the size of each of them is 9 (± 1) $\times$ 16 (± 1) cm (Fig. 2b). A “Quadro” trap is a plate 440 (± 30) $\times$ 240 (± 30) mm, folded into a spatial figure in the shape of a rectangle, with four outer edges (Fig. 2c). Dimensions of the assembled trap are 240 (± 10) $\times$ 120 (± 10) $\times$ 105 (± 10) mm.

The traps were placed on May 19, 2020 in the collection plantations of peach and nectarine on the territory of the Federal State Budgetary Institution of Science “Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center” (NBG-NSC), Yalta, Nikita, Republic of Crimea. Each trap type was tested in 4-fold repetition, the traps were placed according to the scheme shown in Figure 3. Insects were counted and sampled every 7–10 days from May 27 to August 19, traps were replaced as they became dirty. A total of 10 counts were carried out.

Insects collected in pheromone traps were identified in accordance with the VNIICR organization standard No. 2.006-2010 “Oriental fruit moth *Grapholita molesta* (Busck, 1916). Detection and identification methods”.

Mathematical data processing was carried out using Microsoft Excel software, the mean value and the error of the mean (SE) were calculated.

RESULTS AND DISCUSSION

It was found that the numbers of pest moths caught in the “Delta” and “Diamond” traps are similar. Over the entire observation period, which was 93 days, the total number of oriental fruit moth males caught in traps of the “Delta” type was 631 males (on average 158 individuals/trap), and in “Diamond” traps – 626 males (on average 156 individuals/trap).

The results obtained indicate the possibility of using both types of traps for pheromone monitoring of the pest. It was determined that “Quadro” traps showed the lowest efficiency in comparison with “Delta” and “Diamond”. Thus, during the research, 417 males of *G. molesta* were caught in “Quadro” traps, which is an average of 104.2 individuals/trap (see Table).

It should be noted that the “Quadro” trap is less practical for use in gardens, as its glue surface is quickly contaminated with various insects and dust. In addition, on rare occasions small birds have been reported, making the trap completely unusable. With prolonged exposure to the sun, the glue surface dries quickly, and in case of precipitation, the trap deforms and becomes unsuitable for further use (Fig. 4).



Рис. 2. Типы феромонных ловушек производства ФГБУ «ВНИИКР» для полевых испытаний по отлову *Grapholita molesta* в условиях Южного берега Крыма, 2020 г.: а – «Дельта»; б – «Ромб»; в – «Квадро» (фото авторов)

Fig. 2. Types of pheromone traps produced by FGBU “VNIICR” for field trials on collecting *Grapholita molesta* in the conditions of the South Coast of Crimea, 2020: а – “Delta”; б – “Diamond”; в – “Quadro” (photos by the authors)

уровне. За весь период наблюдений, который составил 93 дня, общее количество отловленных самцов восточной плодовой моли в ловушки типа «Дельта» – 631 самец (в среднем 158 особей/ловушку), а в ловушки «Ромб» – 626 самцов (в среднем 156 особей/ловушку).

Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения обоих типов ловушек для феромонного мониторинга вредителя. Определено, что тип ловушек «Квадро» показал наименьшую эффективность по сравнению с «Дельтой» и «Ромбом». Так, за время проведения исследований в ловушки «Квадро» всего было отловлено 417 самцов *G. molesta*, что в среднем составляет 104,2 особей/ловушку (см. таблицу).

Следует отметить, что ловушка «Квадро» является менее практичной для применения в садах, так как ее клеевая поверхность быстро загрязняется различными насекомыми и пылью. Кроме того, в редких случаях отмечено попадание небольших птиц, вследствие чего ловушка становится полностью непригодной для использования. При длительном нахождении на солнце клеевая поверхность быстро высыхает, а при попадании осадков ловушка деформируется и становится непригодной для дальнейшего использования (рис. 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований можно сделать заключение о том, что оптимальными типами феромонных ловушек для отлова *Grapholita*

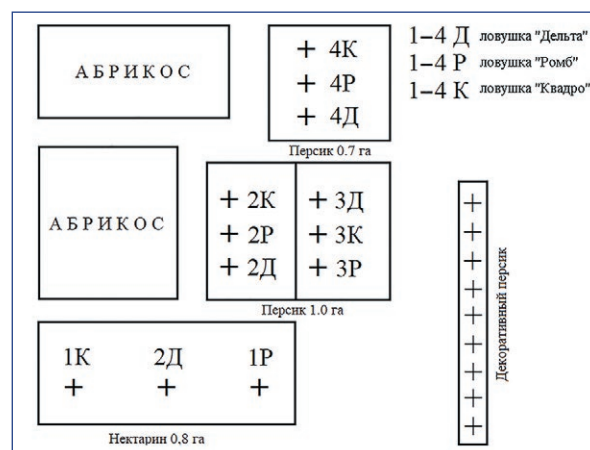


Рис. 3. Схема размещения различных типов ловушек для отлова *Grapholita molesta*, Республика Крым, 2020 г. (ориг.)

Fig. 3. Layout of different types of traps for collecting *Grapholita molesta*, Republic of Crimea, 2020 (orig.)

CONCLUSION

Based on the studies carried out, it can be concluded that the optimal types of pheromone traps for collecting *Grapholita molesta* in the conditions of the southern coast of Crimea are “Delta” and “Diamond”, since on average almost the same number of oriental fruit moth males was caught per trap, 158 and 156 individuals/trap respectively.

These types of traps can be recommended for establishing the quarantine phytosanitary state of the

Таблица

Среднее количество отловленных особей *G. molesta* в различные типы ловушек по датам учетов НБС-ННЦ в 2020 г.

Тип ловушки	Даты учета									
	27.05	03.06	19.06	30.06	09.07	15.07	22.07	29.07	06.08	19.08
«Дельта»	5,0 ± 1	6,5 ± 2	27,0 ± 2	45,2 ± 7	15,0 ± 3	25,2 ± 2	8,2 ± 4	3,5 ± 1	9,2 ± 7	12,7 ± 4
«Ромб»	2,5 ± 1	3,0 ± 0,7	26,2 ± 13	54,2 ± 26	25,2 ± 6	17,5 ± 1	6,5 ± 4	2,5 ± 1	7,0 ± 3	11,7 ± 3
«Квадро»	4,0 ± 1	1,0 ± 1	13,0 ± 5	19,7 ± 8	22,0 ± 8	7,2 ± 2	9,0 ± 3	4,0 ± 0,4	7,3 ± 5	17,0 ± 5

Для средних значений приведена ошибка среднего.

Table

Average number of *G. molesta* individuals collected in different types of traps according to the dates of the NBG-NSC counts in 2020

Trap type	Dates of counts									
	27.05	03.06	19.06	30.06	09.07	15.07	22.07	29.07	06.08	19.08
“Delta”	5.0 ± 1	6.5 ± 2	27.0 ± 2	45.2 ± 7	15.0 ± 3	25.2 ± 2	8.2 ± 4	3.5 ± 1	9.2 ± 7	12.7 ± 4
“Diamond”	2.5 ± 1	3.0 ± 0.7	26.2 ± 13	54.2 ± 26	25.2 ± 6	17.5 ± 1	6.5 ± 4	2.5 ± 1	7.0 ± 3	11.7 ± 3
“Quadro”	4.0 ± 1	1.0 ± 1	13.0 ± 5	19.7 ± 8	22.0 ± 8	7.2 ± 2	9.0 ± 3	4.0 ± 0.4	7.3 ± 5	17.0 ± 5

For the average value, the error of the average is given.

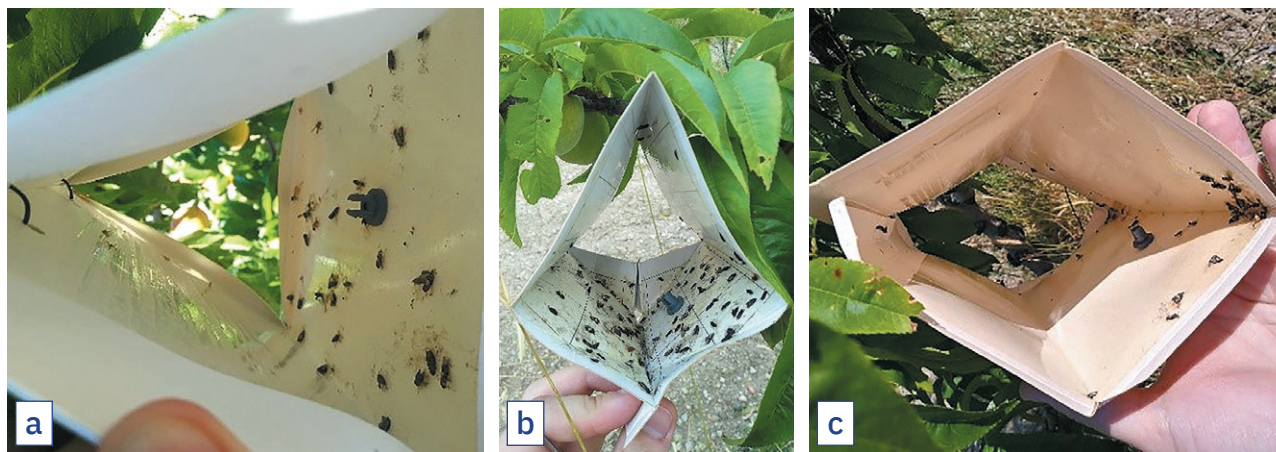


Рис. 4. Отловленные бабочки восточной плодовой G. *molesta* в феромонные ловушки, Республика Крым, 2020 г.: а – «Дельта»; б – «Ромб»; в – «Квадро» (фото авторов)

Fig. 4. Collected oriental fruit moths *G. molesta* in pheromone traps, Republic of Crimea, 2020: a – “Delta”; b – “Diamond”; c – “Quadro” (photos by the authors)

molesta в условиях Южного берега Крыма являются «Дельта» и «Ромб», так как в среднем на ловушку было отловлено практически одинаковое количество самцов восточной плодовой, 158 и 156 особей/ловушку соответственно.

Данные типы ловушек можно рекомендовать для установления карантинного фитосанитарного состояния территории РФ в отношении восточной плодовой, для определения численности популяции вредителя и сроков его лёта.

Тип ловушки «Квадро» оказался наименее эффективным в условиях открытого грунта по сравнению с «Дельтой» и «Ромбом», так как в «Квадро» было отловлено в среднем 104 особи на ловушку. В конструкции ловушек типа «Квадро» были выявлены существенные недостатки: в них обнаруживали не только насекомых, но и птиц, что значительно снижало эффективность этих ловушек при использовании; также ловушка «Квадро» быстро деформировалась вследствие попадания прямых солнечных лучей, жаркой сухой погоды и сильных осадков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аракелян А., Никогосян Э., 1980. Восточная плодовая и меры борьбы с ней в Армянской ССР. – Восточная плодовая. Сборник научных трудов, М., 143 с.
2. Балькина Е., Ягодинская Л., Рыbareva Т., Корж Д., 2020. Важнейшие фитофаги садовых агроценозов Крыма. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 352 с.
3. Кипиани А., 1980. Восточная плодовая и меры борьбы с ней в Грузинской ССР. – Восточная плодовая. Сборник научных трудов, М., 143 с.
4. Магомедов У., 2010. Карантин растений и экология. – Воронеж: Научная книга, 215 с.
5. Сметник А., 1990. Испытание синтетических половых феромонов восточной плодовой в СССР (с. 66–79). – Восточная плодовая. Сборник научных трудов ВНИТИКиЗР. М.
6. Шутова Н., 1980. Восточная плодовая в СССР (с. 5–24). Восточная плодовая. Сборник научных трудов, М., 143 с.
7. Балькина Е., Yagodinskaya L., Korzh D., Tsyurka S., Rybareva T., Gerasimchuk V., 2020. The species

territory of the Russian Federation in relation to the oriental fruit moth, for determining the size of the pest population and the timing of its flight.

The “Quadro” trap type turned out to be the least effective in unprotected area conditions compared to the “Delta” and “Diamond”, since an average of 104 individuals per trap were caught in the “Quadro” trap. Significant drawbacks were revealed in the design of the “Quadro” type: not only insects, but also birds were found in them, which significantly reduced the effectiveness of these traps when used; also, the “Quadro” trap quickly deformed due to direct sunlight, hot dry weather and heavy precipitation.

REFERENCES

1. Arakelyan A., Nikoghosyan E. Oriental fruit moth and measures to control it in the Armenian SSR [Vostochnaya plodozhorka i mery borby s ney v Arмянской SSR]. Oriental fruit moth. Collection of scientific papers. M., 1980; 143 p. (in Russian).
2. Balykina E., Yagodinskaya L., Rybareva T., Korzh D. The most important phytophages of Simferopol: IT “ARIAL”, 2020; 352 p. (in Russian).
3. Kipiani A. Oriental fruit moth and measures to control it in the Georgian SSR [Vostochnaya plodozhorka i mery borby s ney v Gruzinskoy SSR]. Oriental fruit moth. Collection of scientific papers. M., 1980; 143 p. (in Russian).
4. Magomedov U. Garden agroцenoses of Crimea [Vazhneyshiyе fitofagi sadovykh agrotsenozov Kryma]. Plant quarantine and ecology [Karantin rasteniy i ekologiya]. Voronezh: Nauchnaya kniga, 2010; 215 p. (in Russian).
5. Smetnik A. Test of synthetic sex pheromones of the oriental fruit moth in the USSR [Ispytaniye sinteticheskikh polovykh feromonov vostochnoy plodozhorki v SSSR]. Oriental fruit moth. Collection of scientific papers. M., 1980; 66–79 (in Russian).
6. Shutova, N. Oriental fruit moth in the USSR [Vostochnaya plodozhorka v SSSR]. Oriental fruit moth. Collection of scientific papers. M., 1980; 5–24 (in Russian).

composition of pests of peach gardens in the Crimea. – *ISHS Acta Horticulturae*, 1269: 255–259. DOI 10.17660/ActaHortic.2020.1269.34.

8. Carde A., Baker T., Carde R., 1979. Identification of a four-component sex pheromone of the female oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). – *J. Chem. Ecol.*, 5 (3): 423–427.

9. Carde R., Baker T., Roelofs W., 1975. Behavioural role of individual components of a multichemical attractant system in the oriental fruit moth. – *Nature*, 253: 348–349.

10. Carde R., Baker T., Roelofs W., 1975. Ethological function of components of a sex attractant system for oriental fruit moth males, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). – *J. Chem. Ecol.*, 1 (4): 475–491.

11. Linn C., Campbell M., Roelofs W., 1986. Male moth sensitivity to multicomponent pheromones: Critical role of female-released blend in determining the functional role of components and active space of the pheromone. – *J. Chem. Ecol.*, 12 (3): 659–668.

12. Roelofs W., Comeau A., Selle R., 1969. Sex pheromone of the oriental fruit moth. – *Nature*, 224: 723.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Глебов Валерий Эдуардович, научный сотрудник научно-методического отдела Южного филиала ФГБУ «ВНИИКР», г. Симферополь, Республика Крым, Россия; *e-mail: valeriy.glebov.93@mail.ru*.

Корж Дмитрий Александрович, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории энтомологии и фитопатологии ФГБУН «НБС-ННЦ», г. Ялта, Республика Крым, Россия; *ORCID 0000-0002-9495-9129, e-mail: ent.protection@yandex.ru*.

Синицына Екатерина Витальевна, научный сотрудник отдела синтеза и применения феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская область, Россия; *ORCID 0000-0002-6314-3151, e-mail: katesinitsyna@gmail.com*.

Федосеев Назар Зиновьевич, старший научный сотрудник отдела синтеза и применения феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская область, Россия; *e-mail: nazfed@mail.ru*.

7. Balykina E., Yagodinskaya L., Korzh D., Tsyupka S., Rybareva T., Gerasimchuk V. The species composition of pests of peach gardens in the Crimea. *ISHS Acta Horticulturae*, 1269: 255–259. DOI 10.17660/ActaHortic.2020.1269.34.

8. Carde A., Baker T., Carde R. Identification of a four-component sex pheromone of the female oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Chem. Ecol.*, 1979; 5 (3): 423–427.

9. Carde R., Baker T., Roelofs W. Behavioural role of individual components of a multichemical attractant system in the oriental fruit moth. *Nature*, 1975; 253: 348–349.

10. Carde R., Baker T., Roelofs W. Ethological function of components of a sex attractant system for oriental fruit moth males, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Chem. Ecol.*, 1975; 1 (4): 475–491.

11. Linn C., Campbell M., Roelofs W. Male moth sensitivity to multicomponent pheromones: Critical role of female-released blend in determining the functional role of components and active space of the pheromone. *J. Chem. Ecol.*, 1986; 12 (3): 659–668.

12. Roelofs W., Comeau A., Selle R. Sex pheromone of the oriental fruit moth. *Nature*, 1969; 224: 723.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Valery Glebov, Researcher, Research and Methodology Department, Southern Branch of FGBU “VNIKR”, Simferopol, Republic of Crimea, Russia; *e-mail: valeriy.glebov.93@mail.ru*.

Dmitry Korzh, PhD in Biology, Researcher, Entomology and Phytopathology Laboratory, FGBUN “NBG-NSC”, Yalta, Republic of Crimea, Russia; *ORCID 0000-0002-9495-9129, e-mail: ent.protection@yandex.ru*.

Ekaterina Sinitsyna, Researcher, Synthesis and Application of Pheromones Department, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *ORCID 0000-0002-6314-3151, e-mail: katesinitsyna@gmail.com*.

Nazar Fedoseev, Senior Researcher, Synthesis and Application of Pheromones Department, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: nazfed@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 достоверное 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. Раменское, 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
- 19 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. Раменское, р. п. Быково,
ул. Пограничная, д. 32

Тел./факс:
8 (499) 707-22-27

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