



Биологическая
эффективность фунгицидов
Biological efficiency of fungicides **15**

Ловушки для трипсов
Traps for thrips

42

Амброзия полыннолистная
в Крыму
Common ragweed in Crimea **51**

ФИТОСАНИТАРИЯ. КАРАНТИН РАСТЕНИЙ

PLANT HEALTH AND QUARANTINE

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

Русско-английский научный журнал Russian-English scientific journal

Март № 1 (22) 2025

СТАТЬЯ НОМЕРА:

**Генетические особенности
изолятов вируса ToBRFV**

ARTICLE OF THE ISSUE:

Genetic features
of ToBRFV virus isolates **2**

**Оценка применимости
ПЦР-теста для идентификации
*Rathayibacter tritici***

Evaluation of the PCR test
applicability for the identification
of *Rathayibacter tritici* **26**



Редакционная коллегия Editorial board

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

РЕДАКЦИЯ:

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

ТУЛАЕВА К.С. – редактор-корректор

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

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

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

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

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

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

КУЧЕРЯВЫХ В.С. – переводчик, кандидат филологических наук

СПЕЦИАЛЬНОСТИ:

4.1.3 – Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

4.1.1 – Общее земледелие и растениеводство

4.1.2 – Селекция, семеноводство и биотехнология растений

CHIEF EDITOR:

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

EDITORIAL BOARD:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

EDITORSHIP:

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

K.S. TULAEVA – Copy Editor

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

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

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

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

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

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

V.S. KUCHERYAVYKH – Translator, PhD in Philology

SPECIALTIES:

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

4.1.1 – General farming and crop production

4.1.2 – Breeding, seed production and plant biotechnology

Содержание | Content

ДИАГНОСТИКА

Генетические особенности изолятов вируса коричневой морщинистости плодов томата (ToBRFV), распространенных в Российской Федерации и сопредельных странах

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

DIAGNOSIS

Genetic characteristics of Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) isolates common in the Russian Federation and neighboring countries **2**

LOZOVAYA E.N., ZHIVAYEVA T.S.,
PRIKHODKO YU.N., SHNEYDER YU.A.,
BASHKIROVA I.G., KARIMOVA E.V.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определение биологической эффективности фунгицидов против карантинных возбудителей болезней зерновых, бобовых и масличных культур в лабораторных условиях

КУЗНЕЦОВА А.А., СУРИНА Т.А., КОСТИН Н.К.

SCIENTIFIC RESEARCH

Determination of biological efficiency of fungicides against quarantine pests of grain, legume and oil crops in laboratory conditions **15**

KUZNETSOVA A.A., SURINA T.A., KOSTIN N.K.

Оценка применимости ПЦР-теста в режиме «реального времени» для идентификации возбудителя желтого слизистого бактериоза пшеницы *Rathayibacter tritici*

ОБОЛЕНСКИЙ Р.Р., СЛОВАРЕВА О.Ю.,
ДОРОФЕЕВА Л.В.

Evaluation of the real-time PCR applicability for the identification of bacterial ear rot of wheat *Rathayibacter tritici* **26**

OBOLENSKY R.R., SLOVAREVA O.YU.,
DOROFEEVA L.V.

ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Некоторые аспекты применения ловушек в интегрированной защите от трипсов в условиях закрытого грунта

ТОДОРОВ Н.Г., СОЛОВЬЕВ А.А.,
ЛОБУР А.Ю., ШИРОКОВА О.А.

FIELD TESTS

Some aspects of trap application in integrated control of thrips in protected ground **42**

TODOROV N.G., SOLOVIEV A.A.,
LOBUR A.YU., SHIROKOVA O.A.

МОНИТОРИНГ

История распространения и меры сдерживания амброзии полыннолистной на полуострове Крым

ЦИНКЕВИЧ Н.В., КУЛАКОВА Ю.Ю.

MONITORING

History of the spread and control measures for common ragweed on the Crimea **51**

TSINKEVICH N.V., KULAKOVA YU.YU.

Журнал «Фитосанитария. Карантин растений» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-76606 от 15 августа 2019 года

Фото на обложке: Симптомы ToBRFV на плоде томата (фото Ю.А. Шнейдер).

Дизайн и верстка: Мария Бондарь

Учредитель: ФГБУ «ВНИИКР», 140150, Московская область, г. о. Раменский, р. п. Быково, ул. Пограничная, д. 32

Издатель: ООО «Вейнард»

Телефон редакции: 8 (495) 925-06-34

Электронная почта: veinardltd@gmail.com

Подписной индекс

АО «Почта России» – ПМ 126

Отпечатано в типографии

ООО «ГРАН ПРИ», 152900,

Ярославская область,

г. Рыбинск, ул. Луговая, 7

Тираж 3000 экз.

Подписано в печать: 28.02.2025

Дата выхода в свет: 20.03.2025

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

Photo on the cover:

ToBRFV symptoms on tomato fruit

(photo by Yu. A. Shneyder)

Design & Composition: Mariya Bondar

Establisher: FGBU VNIICR,

140150, Moskovskaya oblast,

Urban district Ramensky, r. p. Bykovo,

Pogranichnaya ulitsa, 32

Publisher: ООО «Veynard»

Editorial Board Office:

Tel: +7 (495) 925-06-34

E-mail: veinardltd@gmail.com

Subscription index

JSC Russian Post – PM 126

Printing house: GRAND PRI,

7 Lugovaya St., Rybinsk,

Yaroslavl Oblast, 152900

Circulation: 3000 copies

Approved for print: 28/02/2025

Issue date: 20/03/2025

Генетические особенности изолятов вируса коричневой морщинистости плодов томата (ToBRFV), распространенных в Российской Федерации и сопредельных странах

* ЛОЗОВАЯ Е.Н.¹, ЖИВАЕВА Т.С.²,
ПРИХОДЬКО Ю.Н.³, ШНЕЙДЕР Ю.А.⁴,
БАШКИРОВА И.Г.⁵, КАРИМОВА Е.В.⁶

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково,
г. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150

¹ e-mail: evgeniyaf@mail.ru

² e-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru

³ e-mail: prihodko_yuri59@mail.ru

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

⁵ ORCID ID: 0000-0001-9014-4179,
e-mail: bashkirova@mail.ru

⁶ ORCID ID: 0000-0001-6474-8913,
e-mail: elenavkar@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Вирус коричневой морщинистости плодов томата (Tomato brown rugose fruit virus, или *Tobamovirus fructirugosum*, ToBRFV) является карантинным объектом ЕАЭС, ЕОКЗР и целого ряда стран мира. Вирус заражает томат, перец и несколько видов сорных растений. Потери урожая плодов томата в результате заражения ToBRFV могут достигать 70%. Из-за развития интенсивной некротизации и деформации плоды зараженных растений становятся непригодными для продажи.

Вирус коричневой морщинистости плодов томата характеризуется многообразием путей распространения и способен длительное время сохраняться в растительных остатках, почве, воде, растворах для гидропоники и на различных инертных поверхностях. Важное значение в распространении вируса коричневой морщинистости плодов томата имеет семенная инфекция.

В соответствии с национальным докладом в Российской Федерации вирус коричневой морщинистости плодов томата впервые был выявлен в 2023 г., что обусловило необходимость установления 5 карантинных фитосанитарных зон в 4 субъектах Российской Федерации. В 2024 г. наблюдалось дальнейшее расширение его ареала.

Важнейшей предпосылкой для предотвращения распространения фитопатогенных вирусов является установление источников их инфекции, что может быть достигнуто сравнением последовательности нуклеотидов у выявленных изолятов

Genetic characteristics of Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) isolates in the Russian Federation and neighboring countries

* EVGENIYA N. LOZOVAYA¹, TATIANA S. ZHIVAIEVA²,
YURI N. PRIKHODKO³, YURI A. SHNEYDER⁴,
IDA G. BASHKIROVA⁵, ELENA V. KARIMOVA⁶

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} FGBU "All-Russian Plant Quarantine Center" (FGBU "VNIKIR"), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150

¹ e-mail: evgeniyaf@mail.ru

² e-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru

³ e-mail: prihodko_yuri59@mail.ru

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

⁵ ORCID ID: 0000-0001-9014-4179,
e-mail: bashkirova@mail.ru

⁶ ORCID ID: 0000-0001-6474-8913,
e-mail: elenavkar@mail.ru

ABSTRACT

Tomato brown rugose fruit virus or *Tobamovirus fructirugosum* (ToBRFV) is a quarantine pest of the EAEU, EPPO and some other countries. The virus affects tomatoes, peppers and several weed species. Yield losses of tomato fruits as a result of infection with ToBRFV can reach 70%. Due to the development of intensive necrosis and deformation, the fruits of infected plants become unmarketable.

ToBRFV is characterized by a variety of pathways and is capable of remaining for a long time in plant residues, soil, water, hydroponic solutions and on various inert surfaces. Seed infection is of great importance in the spread of ToBRFV.

According to the national report, ToBRFV was first detected in the Russian Federation in 2023, which accounted for 5 quarantine phytosanitary areas in 4 constituent entities of the Russian Federation. In 2024, a further expansion of its area was observed.

The most important prerequisite for preventing the spread of phytopathogenic viruses is the identification of their infection sources, which can be achieved

и изолятов данного патогена различного географического происхождения.

В настоящей статье приведены результаты изучения генетических особенностей изолятов вируса коричневой морщинистости плодов томата, выявленных в Ставропольском крае, Волгоградской и Московской областях, Республике Казахстан и Республике Узбекистан.

Ключевые слова. Молекулярная диагностика, полимеразная цепная реакция, праймер, секвенирование, филогенетический анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Вирус коричневой морщинистости плодов томата (Tomato brown rugose fruit virus, или *Tobamovirus fructirugosum*, ToBRFV) – представитель рода *Tobamovirus* семейства *Virgaviridae*. В связи со своей высокой опасностью и быстрым распространением ToBRFV регулируется в качестве карантинного объекта во многих странах и организациях, в том числе в ЕАЭС и ЕОКЗР (Лозовая и др., 2022).

Экономически значимыми растениями – хозяевами ToBRFV являются томат (*Solanum lycopersicum*) и перец (*Capsicum annuum*). Вредоносность ToBRFV усугубляется его способностью заражать растения томатов (см. рис. 1) с генами устойчивости Tm и растения перца с аллелями устойчивости L, обеспечивающими устойчивость к другим тобамовирусам (Salem et al., 2023). Вирус способен заражать также несколько повсеместно распространенных сорных растений, таких как амарант запрокинутый (*Amaranthus retroflexus*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*), кислица рожковая (*Oxalis corniculata*), марь постенная (*Chenopodium murale*), мелколепестник канадский (*Erigeron canadensis*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), паслен черный (*Solanum nigrum*), портулак огородный (*Portulaca oleracea*), и ряд других (EPPO, 2025).

Впервые ToBRFV был выявлен на томате в Иордании в 2015 г. (Salem et al., 2016). Однако до этого, в 2014 г., на юге Израиля наблюдалась вспышка нового заболевания, поражающего устойчивые сорта томата (Каримова и др., 2020a). Позднее было установлено, что причиной заболевания стал израильский изолят ToBRFV с высокой степенью идентичности геномной последовательности с иорданским изолятом (Luria et al., 2017). В 2018 г. ToBRFV был выявлен в Германии, Италии, Мексике и США, а в 2019 г. – в Великобритании, Греции, Египте, Китае, Нидерландах и Турции (Salem et al., 2023). В настоящее время ToBRFV распространен в 48 странах на всех континентах, за исключением Антарктиды (EPPO, 2025). Многие из этих стран являются экспортерами семян и плодов томата и перца в Российскую Федерацию. В Российской Федерации ToBRFV впервые был выявлен в 2023 г. (Национальный доклад, 2024), а в 2024 г. наблюдалось дальнейшее расширение его ареала (Национальный доклад, 2025).

by comparing the nucleotide sequence of the identified isolates and isolates of a given pathogen of different geographic origins.

This article presents the results of a study of the genetic characteristics of the ToBRFV isolates identified in Stavropol Krai, Volgograd Oblast and Moscow Oblast, the Republic of Kazakhstan and the Republic of Uzbekistan.

Key words. Molecular diagnosis, polymerase chain reaction, primer, sequencing, phylogenetic analysis.

INTRODUCTION

Tomato brown rugose fruit virus or *Tobamovirus fructirugosum* (ToBRFV) is a representative of the genus *Tobamovirus* of the *Virgaviridae* family. Due to its danger and rapid spread, ToBRFV is regulated as a quarantine pest in many countries and organizations, including the EAEU and EPPO (Lozovaya et al., 2022).

Economically significant host plants of ToBRFV are tomato (*Solanum lycopersicum*) and pepper (*Capsicum annuum*). The harmfulness of ToBRFV is further enhanced by its ability to infect tomato plants (see Fig. 1) with Tm resistance genes and pepper plants with L resistance alleles that provide resistance to other tobamoviruses (Salem et al., 2023). The virus can also infect several common weeds, such as *Amaranthus retroflexus*, *Convolvulus arvensis*, *Oxalis corniculata*, *Chenopodium murale*, *Erigeron canadensis*, *Taraxacum officinale*, *Solanum nigrum*, *Portulaca oleracea*, etc. (EPPO, 2025).

ToBRFV was first detected on tomato in Jordan in 2015 (Salem et al., 2016). However, before that, in 2014, an outbreak of a new disease affecting resistant tomato varieties was observed in southern Israel (Karimova et al., 2020a). The disease was later identified as being caused by an Israeli ToBRFV isolate with a high degree of genomic sequence identity to the Jordanian isolate (Luria et al., 2017). In 2018, ToBRFV was detected in Germany, Italy, Mexico, and the United States, and in 2019 in the United Kingdom, Greece, Egypt, China, the Netherlands, and Turkey (Salem et al., 2023). ToBRFV is currently distributed in 48 countries on all continents except Antarctica (EPPO, 2025). Many of these countries are exporters of tomato and pepper seeds and fruits to the Russian Federation. In the Russian Federation, ToBRFV was first detected in 2023 (National Report, 2024), and further expansion of its range was observed in 2024 (National Report, 2025).

Naturally, such a rapid propagation of ToBRFV was due to its ability to spread efficiently with seeds. Seeds isolated from infected tomato fruits can be 100% infected with the virus (Salem et al., 2022). Vertical transmission of the virus from infected seeds to seedlings is relatively low and varies from 0.08 to 2.8% (Davino et al., 2020; Salem et al., 2022). However, even a few infected seedlings become sources for the

Безусловно, столь быстрое распространение ToBRFV было обусловлено его способностью эффективно распространяться с семенами. Семена, выделенные из зараженных плодов томата, могут быть заражены вирусом на 100% (Salem et al., 2022). Вертикальная передача вируса от зараженных семян к сеянцам является относительно невысокой и варьирует от 0,08 до 2,8% (Davino et al., 2020; Salem et al., 2022). Однако даже немногочисленные заразившиеся растения рассады становятся источниками для последующего распространения вируса. При выполнении различных сельскохозяйственных работ вирус может передаваться механическим путем через руки, одежду, обувь и инструменты рабочих, с поливной водой и растворами для гидропоники, а также при прямом контакте зараженных и незараженных растений (Каримова и др., 2020b, Шнейдер и др., 2021). Установлено, что при наличии всего двух растений томата, инфицированных ToBRFV, на теплицу площадью 0,5 га наблюдалось заражение 1,45; 80 и 100% растений через 1, 4 и 8 месяцев соответственно (Panno et al., 2020).

Вирионы тобамовирусов чрезвычайно стабильны и могут выживать вне хозяина на инертных (например, картон, поддоны, стекло, бетон, инструменты, одежда, транспортные средства) и биологических поверхностях (например, человеческие руки, остатки растений, насекомые-опылители), а также в питательных растворах, воде и почве в течение месяцев, не теряя своей вирулентности (Smit et al., 2019). В частности, показано, что ToBRFV может выживать на коже и перчатках не менее 2 часов,

subsequent spread of the virus. During various agricultural activities, the virus can be transmitted mechanically through the hands, clothes, shoes and tools of workers, with irrigation water and hydroponic solutions, as well as through direct contact of infected and uninfected plants (Karimova et al., 2020b, Schneider et al., 2021). It has been found that with only two ToBRFV infected tomato plants in a 0.5 ha greenhouse, infection was observed in 1.45, 80 and 100% of plants after 1, 4 and 8 months, respectively (Panno et al., 2020).

Tobamovirus virions are extremely stable and can survive outside the host on inert (e.g. cardboard, pallets, glass, concrete, tools, clothing, vehicles) and biological surfaces (e.g. human hands, plant debris, pollinating insects), as well as in nutrient solutions, water and soil for months without losing their virulence (Smit et al., 2019). In particular, it has been shown that ToBRFV can survive on skin and gloves for at least 2 hours, in dried tomato plant juice on greenhouse surfaces (glass, aluminum, steel, hard plastic, polyethylene film) for at least 4 weeks and on concrete for more than a week (EPPO, 2025).

It has also been established that ToBRFV can be effectively spread by bumblebees and other pollinating insects (Levitzky et al., 2019).

Like other tobamoviruses, ToBRFV virions are rigid rod-shaped particles measuring 300 x 18 nm.

The ToBRFV genome consists of a single molecule of single-stranded plus-sense RNA approximately 6376–6394 nucleotides long, which contains four open reading frames (ORFs). The two 5'-terminal ORFs are translated directly from the genomic RNA. ORF1 encodes a 126-kDa protein (p126) that contains methyltransferase and helicase domains. Passage of a stop codon (UAG) (amber) between ORF1 and ORF2 results in the expression of a 183-kDa protein (p183) that contains an RNA-dependent RNA polymerase domain at its C-terminus. Both proteins are essential for viral replication. ORF3 and ORF4 are translated from 5'-capped subgenomic RNAs 1 and 2, which encode a 30-kDa transport protein (MP) and a 17.5-kDa coat protein (CP), respectively. Genetically, ToBRFV is most closely related to tomato mosaic virus (ToMV) and tobacco mosaic virus (TMV), with which it shares 81–82% nucleotide sequence identity (Salem et al., 2016).

MATERIALS AND METHODS

The objects of the study were ToBRFV isolates:

- detected in tomato plants collected in Stavropol Krai, Volgograd Oblast and Moscow Oblast in officially established quarantine phytosanitary areas for this pathogen (fsvps.gov.ru, 2025);
- detected in tomato plants in the Republic of Kazakhstan;
- identified in the Testing laboratory center of FGBU "VNIKR" in regulated tomato fruits from the Republic of Uzbekistan.

RNA extraction for reverse transcription polymerase chain reaction (RT-PCR) was performed using commercial RNA extraction kit Proba-NK (AgroDiagnostika, Russia) according to the manufacturer's instructions.



Рис. 1. Симптомы ToBRFV на плодах томата из Республики Казахстан (фото авторов)

Fig. 1. ToBRFV symptoms on tomato fruits from the Republic of Kazakhstan (photo by the authors)

а в высушенном соке растений томата на поверхностях теплиц (стекло, алюминий, сталь, твердый пластик, полиэтиленовая пленка) – не менее 4 недель и на бетоне – более недели (EPPO, 2025).

Установлено также, что ToBRFV может эффективно распространяться шмелями и другими насекомыми-опылителями (Levitzky et al., 2019).

Как и у других тобамовирусов, вирионы ToBRFV представляют собой жесткие палочковидные частицы величиной 300 x 18 нм.

Геном ToBRFV состоит из единственной молекулы одноцепочечной плюс-смысловой РНК длиной около 6376–6394 нуклеотидов, которая содержит четыре открытые рамки считывания (ОРС). Две 5'-концевые ОРС транслируются непосредственно с геномной РНК. ОРС1 кодирует белок массой 126 кДа (p126), который содержит домены метилтрансферазы и хеликазы. Прохождение стоп-кодона янтаря (UAG) между ОРС1 и ОРС2 приводит к экспрессии белка массой 183 кДа (p183), который содержит домен РНК-зависимой РНК-полимеразы на своем С-конце. Оба белка необходимы для репликации вируса. ОРС3 и ОРС4 транслируются с 5'-экспонированных субгеномных РНК 1 и 2, которые кодируют транспортный белок массой 30 кДа (MP) и белок оболочки массой 17,5 кДа (CP) соответственно. Генетически ToBRFV наиболее близок к тобамовирусам мозаики томата (ToMV) и табачной мозаики (TMV), с которыми имеет идентичность последовательности нуклеотидов на уровне 81–82% (Salem et al., 2016).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований являлись изоляты ToBRFV:

- выявленные в растениях томата, отобранные в Ставропольском крае, Волгоградской и Московской областях в официально установленных карантинных фитосанитарных зонах для этого патогена (fsvps.gov.ru, 2025);
- выявленные в растениях томата в Республике Казахстан;
- выявленные в ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР» в подкарантинной продукции плодов томата из Республики Узбекистан.

Экстракцию РНК для проведения полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР) проводили коммерческим набором реагентов Проба-НК (Агродиагностика, Россия) согласно инструкции фирмы-производителя.

Синтез кДНК осуществляли набором реагентов для обратной транскрипции MMLV RT kit (Евроген, Россия) согласно инструкции фирмы-производителя.

Образцы растений и плодов томата из Ставропольского края, Волгоградской области, Республики Казахстан и Республики Узбекистан тестировали методом ОТ-ПЦР с праймерами ToBRFV-F/ToBRFV-R (Alkowni et al., 2019) и набором реагентов 5x Mas^{DD}Mix-2025 (Диалат, Россия). Каждая реакция объемом 25 мкл содержала 5 мкл мастер-микса для ПЦР, 5 мкл кДНК, по 1 мкл каждого праймера и 13 мкл стерильной деионизированной воды. Температурно-временной режим составил: 95 °C – 5 мин, 40 циклов (95 °C – 30 сек, 58 °C – 30 сек, 72 °C – 60 сек).

cDNA synthesis was carried out using a kit of reagents for reverse transcription MMLV RT kit (Eurogen, Russia) according to the manufacturer's instructions.

Tomato plants and fruits samples from Stavropol Krai, Volgograd Oblast, the Republic of Kazakhstan and the Republic of Uzbekistan were tested by RT-PCR with ToBRFV-F/ToBRFV-R primers (Alkowni et al., 2019) and a 5x MasDDMix-2025 reagent kit (Dialat, Russia). Each 25 µl reaction contained 5 µl of PCR master mix, 5 µl of cDNA, 1 µl of each primer and 13 µl of sterile deionized water. The temperature-time regime was: 95 °C – 5 min, 40 cycles (95 °C – 30 sec, 58 °C – 30 sec, 72 °C – 60 sec).

Tomato plants and fruits samples from the Republic of Kazakhstan and the Republic of Uzbekistan were also tested by RT-PCR with primers ToBRT up1/ToBRT do2 (Dovas et al., 2004) and a 5x MasDDMix-2025 reagent kit (Dialat, Russia). Each 25 µl reaction contained 5 µl of PCR master mix, 3 µl of cDNA, 1 µl of each primer and 16 µl of sterile deionized water. The temperature-time regime was: 95 °C – 1 min, 40 cycles (95 °C – 15 sec, 49 °C – 20 sec, 72 °C – 60 sec).

The obtained amplicons were sequenced using a modified Sanger method on an AB-3500 genetic analyzer (Applied Biosystems, USA). The following software was used to analyze the obtained nucleotide sequences: BioEdit 7.0.5.3 (Hall, 1999), BLASTN 2.12.0+ (ncbiinsights.ncbi.nlm.nih.gov) and Needleman-Wunsch Global Align Nucleotide Sequences (blast.ncbi.nlm.nih.gov). Phylogenetic analysis was performed using the MEGA11 software (Tamura et al., 2021).

For phylogenetic analysis, along with the identified isolates, the following ToBRFV isolates deposited in the NCBI Genbank were included: TBRFV-Ant-Tom (MT107885, Turkey), 39941596_A (MN882048, the Netherlands), Tom2M-Jo (MZ438228, Jordan), ToBRFV-SD (MT018320, China) and TBRFV-IL (KX619418, Israel). The ToMV isolate PV-0846 DSMZ (MW197140, Iran) was included as a phylogenetic outgroup.

Tomato plant samples from Moscow Oblast were tested by RT-PCR with ToBRFV F-5476/ToBRFV R-6287 primers (Levitzky et al., 2019) and the One Tube RT-PCR TaqMan reagent kit (Eurogen, Russia). Each 25 µl reaction contained 5 µl of PCR master mix, 3.5 µl of extracted RNA, 0.5 µl of each primer, 0.5 µl of MMLV reverse transcriptase, and 15 µl of sterile deionized water. The temperature and time regime were: 50 °C for 15 min, 95 °C for 1 min, 40 cycles (95 °C for 15 sec, 53 °C for 20 sec, 72 °C for 20 sec).

RESULTS AND DISCUSSION

ToBRFV-F/ToBRFV-R primers (Alkowni et al., 2019) recommended for the specific ToBRFV detection in the EPPO diagnostic protocol (EPPO, 2022) and the guidelines of FGBU “VNIIEK” (No. 01-2020 MR VNIIEK), allow amplification of a 560 bp section of the ToBRFV replicase gene. Using these primers allows effective diagnosis of the target object in tomato plant samples (Shneyder et al., 2022). As an example, Fig. 2 shows the results of one of the tests for detecting ToBRFV in tomato plant samples from Stavropol Krai.

Образцы растений и плодов томата из Республики Казахстан и Республики Узбекистан тестировали также методом ОТ-ПЦР с праймерами ToBRT up1/ToBRT do2 (Dovas et al., 2004) и набором реагентов 5x Mas^{DD}Mix-2025 (Диалат, Россия). Каждая реакция объемом 25 мкл содержала 5 мкл мастер микса для ПЦР, 3 мкл кДНК, по 1 мкл каждого праймера и 16 мкл стерильной деионизированной воды. Температурно-временной режим составил: 95 °C – 1 мин, 40 циклов (95 °C – 15 сек, 49 °C – 20 сек, 72 °C – 60 сек).

Полученные ампликоны секвенировали по модифицированному методу Сенгера на генетическом анализаторе AB-3500 (Applied Biosystems, США). Для анализа полученных нуклеотидных последовательностей использовали программное обеспечение BioEdit 7.0.5.3 (Hall, 1999), BLASTN 2.12.0+ (ncbiinsights.ncbi.nlm.nih.gov) и Needleman-Wunsch Global Align Nucleotide Sequences (blast.ncbi.nlm.nih.gov). Филогенетический анализ проводили с помощью программы MEGA11 (Tamura et al., 2021).

Для филогенетического анализа наряду с выявленными изолятами были включены следующие изоляты ToBRFV, депонированные в генбанке NCBI: TBRFV-Ant-Tom (MT107885, Турция), 39941596_A (MN882048, Нидерланды), Tom2M-Jo (MZ438228, Иордания), ToBRFV-SD (MT018320, Китай) и TBRFV-IL (KX619418, Израиль). Изолят тобамовируса мозаики томата ToMV PV-0846 DSMZ (MW197140, Иран) был включен в качестве филогенетической аутгруппы.

Образцы растений томата из Московской области тестировали методом ОТ-ПЦР с праймерами ToBRFV F-5476/ToBRFV R-6287 (Levitzky et al., 2019) и набором реагентов One Tube RT-PCR TaqMan (Евроген, Россия). Каждая реакция объемом 25 мкл содержала 5 мкл мастер микса для ПЦР, 3,5 мкл экстрагированной РНК, по 0,5 мкл каждого праймера, 0,5 мкл ревертазы MMLV и 15 мкл стерильной деионизированной воды. Температурно-временной режим составил: 50 °C – 15 мин, 95 °C – 1 мин, 40 циклов (95 °C – 15 сек, 53 °C – 20 сек, 72 °C – 20 сек).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Праймеры ToBRFV-F/ToBRFV-R (Alkowni et al., 2019), рекомендуемые для специфического выявления ToBRFV в диагностическом протоколе ЕОКЗР (ЕПРО, 2022) и методических рекомендациях ФГБУ «ВНИИКР» (№ 01-2020 МР ВНИИКР), позволяют амплифицировать участок гена репликазы ToBRFV длиной 560 п.о. Использование данных праймеров позволяет эффективно диагностировать целевой объект в образцах растений томата (Shneyder et al., 2022). В качестве примера на рис. 2 представлены результаты одного из тестов по выявлению ToBRFV в образцах растений томата из Ставропольского края.

В ходе секвенирования продуктов амплификации праймеров ToBRFV-F/ToBRFV-R были получены последовательности для 10 изолятов ToBRFV из Ставропольского края, трех изолятов из Волгоградской области, двух изолятов из Московской области, 10 и 5 изолятов из Республики Казахстан и Республики Узбекистан соответственно.

Анализ полученных последовательностей в программе Nucleotide Blast показал, что все они

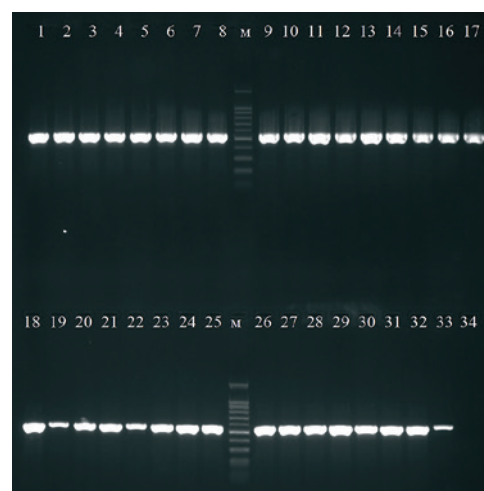


Рис. 2. Выявление вируса коричневой морщинистости плодов томата (ToBRFV) в образцах растений томата из Ставропольского края методом ОТ-ПЦР с праймерами ToBRFV-F/ToBRFV-R (Alkowni et al., 2019). Бэнды 1–33 – образцы растений томата, бэнд 34 – отрицательный контрольный образец

Fig. 2. Detection of ToBRFV in tomato plant samples from Stavropol Krai by RT-PCR with primers ToBRFV-F/ToBRFV-R (Alkowni et al., 2019). Bands 1–33 – tomato plant samples, band 34 – negative control sample

During sequencing of the amplification products of the ToBRFV-F/ToBRFV-R primers, sequences were obtained for 10 ToBRFV isolates from Stavropol Krai, three isolates from Volgograd Oblast, two isolates from Moscow Oblast, 10 and 5 isolates from the Republic of Kazakhstan and the Republic of Uzbekistan, respectively.

Analysis of the obtained sequences in the Nucleotide Blast showed that they all belong to ToBRFV species and correspond to the region of the 126 kDa replicase gene of the ORF-1 ToBRFV of numerous isolates of this virus deposited in the NCBI Genbank.

The identity of nucleotide sequences in the identified isolates from Stavropol Krai (StToBR isolates) compared to the reference ToBRFV isolates ranged from 98.57 to 100%, in isolates from Volgograd Oblast (VolToBR isolates) – from 98.03 to 98.92%, in isolates from Moscow Oblast – from 99.64 to 99.82%.

Among the isolates from Stavropol Krai, the highest identity with the reference ToBRFV isolates (99.82–100%) was demonstrated by isolate StToBR-21-312, while the lowest identity (98.57–98.93%) was demonstrated by isolate StToBR-5-320 (see Tables 1–2), indicating the presence of at least two primary sources of infection. At the same time, in contrast to all other analyzed Russian isolates, isolate StToBR-5-320 demonstrated the highest identity with isolate ToBRFV-SD (OR792460.1) identified in China.

All other isolates from Stavropol Krai, Volgograd Oblast and Moscow Oblast were characterized by high identity with a group of 62–65 reference isolates distributed in Germany, Greece, Israel, Jordan, Iran, China, Morocco, Mexico, the Netherlands, the USA, Palestine and Turkey, of which about 50% were isolates

относятся к виду Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) и соответствуют участку гена репликазы 126 кДа ORC-1 ToBRFV многочисленных изолятов этого вируса, депонированных в генбанке NCBI.

Идентичность последовательностей нуклеотидов у выявленных изолятов из Ставропольского края (изоляты StToBR) в сравнении с референтными изолятами ToBRFV варьировала от 98,57 до 100%, у изолятов из Волгоградской области (изоляты VolToBR) – от 98,03 до 98,92%, у изолятов из Московской области – от 99,64 до 99,82%.

Среди изолятов из Ставропольского края наиболее высокой идентичностью с референтными изолятами ToBRFV (99,82–100%) характеризовался изолят StToBR-21-312, а наименее высокой идентичностью (98,57–98,93%) – изолят StToBR-5-320 (см. табл. 1–2), что свидетельствует о наличии как минимум двух первичных источников инфекции. При этом в отличие от всех других анализируемых российских изолятов для изолята StToBR-5-320 установлена наиболее высокая идентичность с изолятом ToBRFV-SD (OR792460.1), выявленном в Китае.

Все остальные изоляты из Ставропольского края, Волгоградской и Московской областей характеризовались высокой идентичностью с группой из 62–65 референтных изолятов, распространенных в Германии, Греции, Израиле, Иордании, Иране, Китае, Марокко, Мексике, Нидерландах, США, Палестине и Турции, среди которых около 50% составляют изоляты, распространенные в Израиле, Иордании и Турции. Некоторые из этих референтных изолятов и их идентичность по анализируемому участку генома с изолятами ToBRFV из РФ представлены в табл. 2.

Изоляты ToBRFV из Волгоградской области характеризовались менее высокой идентичностью с референтными изолятами этого вируса (не выше 98,93%), чем изоляты из Ставропольского края и Московской области (см. табл. 1), что указывает на различное происхождение первичных источников инфекции.

При попарном сравнении последовательностей нуклеотидов, проведенном с использованием Needleman-Wunsch Global Align Nucleotide Sequences, было установлено, что идентичность изолятов ToBRFV-EK-49 и ToBRFV-EK-54 из Московской области по данному участку генома составляет 100%. Идентичность этих изолятов в сравнении с изолятами из Ставропольского края варьировала от 98,94 до 100%, тогда как с изолятами из Волгоградской области составила всего 97,99–98,73%. Идентичность последовательностей нуклеотидов у изолятов из Волгоградской области в сравнении с изолятами из Ставропольского края варьировала от 97,32 до 98,92%, тогда как внутри группы изолятов из Ставропольского края (за исключением изолята StToBR-5-320) составила 99,09–99,82%. Как уже отмечалось, изолят StToBR-5-320 характеризуется существенной дивергентностью. Его идентичность в сравнении с другими изолятами ToBRFV из Ставропольского края составила всего 97,51–98,75%, а с изолятами из Волгоградской области – 97,33–97,69%. В свою очередь, все три анализируемых изолята ToBRFV из Волгоградской области оказались генетически разнородными.

Табл. 1. Идентичность последовательностей нуклеотидов участка гена репликазы 126 кДа изолятов ToBRFV из Ставропольского края, Волгоградской и Московской областей и изолятов ToBRFV, депонированных в генбанке NCBI

Table 1. Identity of nucleotide sequences of the 126 kDa replicase gene region of ToBRFV isolates from Stavropol Krai, Volgograd Oblast and Moscow Oblast and ToBRFV isolates deposited in the NCBI Genbank

Изолят* Isolate*	Идентичность (%) Identity (%)	Кол-во изолятов из генбанка NCBI с данной идентичностью Number of isolates from NCBI Genbank with given identity
StToBR-3-320 № 1	99,82	62
	99,64	38
StToBR-3-320 № 2	99,11	62
	98,93	38
StToBR-5-320	98,93	1
	98,75	62
StToBR-5-320	98,57	37
StToBR-11-312 № 1	99,82	62
	99,64	38
StToBR-11-312 № 2	99,28	62
	99,11	38
StToBR-21-312	100	62
	99,82	38
StToBR-24-312 № 1	99,46	62
	99,28	38
StToBR-24-312 № 2	99,82	62
	99,64	38
StToBR-26-312 № 1	99,64	62
	99,46	38
StToBR-26-312 № 2	99,29	62
	99,11	38
VolToBR-42 № 1	98,40	65
	98,22	35
VolToBR-43 № 1	98,92	62
	98,74	38
VolToBR-43 № 2	98,21	62
	98,03	38
ToBRFV-EK-49	99,82	68
	99,64	30
ToBRFV-EK-54	99,82	67
	99,64	31

* Изоляты StToBR, VolToBR и ToBRFV-EK выявлены соответственно в Ставропольском крае, Волгоградской и Московской областях

* Isolates StToBR, VolToBR and ToBRFV-EK were detected in Stavropol Krai, Volgograd Oblast and Moscow Oblast, respectively

Их идентичность в сравнении друг с другом составила всего 97,33–97,69% (см. табл. 3).

Таким образом было показано, что изоляты ToBRFV, выявленные в Ставропольском крае и Московской области, характеризуются высоким генетическим сходством, но существенно отличаются от изолятов этого вируса из Волгоградской области, что может говорить о разном происхождении источника вируса.

Секвенирование продуктов амплификации, полученных в тестах методом ОТ-ПЦР для образцов растений и плодов томата из Республики Казахстан и Республики Узбекистан, подтвердило, что все они относятся к виду Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV). Продукты амплификации праймеров TobRT-up1/TobRT-do2 соответствовали участку гена репликазы 183 кДа OPC-2 ToBRFV, а продукты амплификации праймеров ToBRFV-F/ToBRFV-R – участку гена репликазы 126 кДа OPC-1 ToBRFV многочисленных изолятов этого вируса, депонированных в генбанке NCBI (см. табл. 4–5).

Анализ полученных последовательностей показал, что все изоляты ToBRFV, выявленные в растениях томата из Республики Казахстан, являются

distributed in Israel, Jordan and Turkey. Some of these reference isolates and their identity in the analyzed region of the genome with ToBRFV isolates from the Russian Federation are presented in Table 2.

ToBRFV isolates from Volgograd Oblast were characterized by a lower identity with the reference virus isolates (no higher than 98.93%) than isolates from Stavropol Krai and Moscow Oblast (see Table 1), which indicates a different origin of the primary sources of infection.

Pairwise comparison of nucleotide sequences using Needleman-Wunsch Global Align Nucleotide Sequences showed that the identity of the ToBRFV-EK-49 and ToBRFV-EK-54 isolates from Moscow Oblast for this genomic region was 100%. The identity of these isolates compared to isolates from Stavropol Krai ranged from 98.94 to 100%, while with isolates from Volgograd Oblast it was only 97.99–98.73%. The identity of nucleotide sequences in isolates from Volgograd Oblast compared to isolates from Stavropol Krai ranged from 97.32 to 98.92%, while within the group of isolates from Stavropol Krai (except for isolate StToBR-5-320) it was 99.09–99.82%. As already noted, isolate StToBR-5-320 is characterized

Табл. 2. Сравнение изолятов ToBRFV Волгоградской области и Ставропольского края с референтными изолятами этого вируса по последовательности нуклеотидов в гене репликазы 126 кДа

Table 2. Comparison of ToBRFV isolates from Volgograd Oblast and Stavropol Krai with reference isolates of this virus by the nucleotide sequence in the 126 kDa replicase gene

Российские изоляты ToBRFV* ToBRFV Russian isolates *	Референтные изоляты ToBRFV с наиболее высокой идентичностью последовательности нуклеотидов:										
	TBRFV-Ant-Pe MT118666 Турция Turkey	TBRFV-Ant-Tom MT107885 Турция Turkey	39941596_A MN882048 Нидерланды Netherlands	ToBRFV-Gr MN815773 Греция Greece	F48-PAL MN013188 Палестина Palestine	ToBRFV-SaJO MK648157 Иордания Jordan	TBRFV-P12-3G MK133093 Германия Germany	IR-Rep ON528712 Иран Iran	ToBRFV-HB PP796738 Китай China	A134T PP681638 Израиль Israel	DSMZ PV-1241 MZ202349 Израиль Israel
StToBR-3-320 № 1	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82
StToBR-3-320 № 2	99,11	99,11	99,11	99,11	99,11	99,11	99,11	99,11	99,11	99,11	99,11
StToBR-5-320**	98,75	98,75	98,75	98,75	98,75	98,75	98,75	98,75	98,75	98,75	98,75
StToBR-11-312 № 1	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82
StToBR-11-312 № 2	99,28	99,28	99,28	99,28	99,28	99,28	99,28	99,28	99,28	99,28	99,28
StToBR-21-312	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
StToBR-24-312 № 1	99,46	99,46	99,46	99,46	99,46	99,46	99,46	99,46	99,46	99,46	99,46
StToBR-24-312 № 2	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82
StToBR-26-312 № 1	99,64	99,64	99,64	99,64	99,64	99,64	99,64	99,64	99,64	99,64	99,64
StToBR-26-312 № 2	99,29	99,29	99,29	99,29	99,29	99,29	99,29	99,29	99,29	99,29	99,29
VolToBR-42	98,40	98,40	98,40	98,40	98,40	98,40	98,40	98,40	98,40	98,40	98,40
VolToBR-43 № 1	98,92	98,92	98,92	98,92	98,92	98,92	98,92	98,92	98,92	98,92	98,92
VolToBR-43 № 2	98,21	98,21	98,21	98,21	98,21	98,21	98,21	98,21	98,21	98,21	98,21
ToBRF-EK-54	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82	99,82

* Продукт амплификации ПЦР с праймерами TobRT-up1/TobRT-do2;

** Продукт амплификации ПЦР с праймерами ToBRFV-F/ToBRFV-R

* PCR amplification product with primers TobRT-up1/TobRT-do2;

** PCR amplification product with primers ToBRFV-F/ToBRFV-R

Табл. 3. Идентичность последовательности нуклеотидов (%) участка гена репликазы 126 кДа у российских изолятов ToBRFV из Ставропольского края, Волгоградской и Московской областей

Table 3. Nucleotide sequence identity (%) of the 126 kDa replicase gene region in Russian ToBRFV isolates from Stavropol Krai, Volgograd Oblast and Moscow Oblast

Изоляты	VolToBR-43 № 2	VolToBR-43 № 1	VolToBR-42	StToBR-3-320 № 1	StToBR-3-320 № 2	StToBR-5-320	StToBR-11-312 № 1	StToBR-11-312 № 2	StToBR-21-312	StToBR-24-312 № 1	StToBR-24-312 № 2	StToBR-26-312 № 1	StToBR-26-312 № 2
VolToBR-43 № 2		97,48	97,69	97,63	97,32	97,33	98,04	97,50	98,22	97,68	98,04	97,86	97,34
VolToBR-43 № 1	97,48		97,33	98,55	98,02	97,48	98,74	98,20	98,92	98,38	98,74	98,56	98,04
VolToBR-42 № 1	97,69	97,33		98,36	97,51	97,69	98,22	97,69	98,40	97,86	98,22	98,04	97,87
StToBR-3-320 № 1	97,63	98,53	98,36		99,27	98,54	99,13	99,09	99,82	99,27	99,63	99,45	99,09
StToBR-5-320	97,33	97,48	97,69	98,54	97,68		98,39	97,51	98,39	98,04	98,75	98,21	97,69
StToBR-11-312 № 1	98,04	98,74	98,22	99,63	99,28	98,39		99,11	99,64	99,64	99,64	99,46	99,47
StToBR-21-312	98,22	98,92	98,40	99,82	99,11	98,39	99,64	99,28		99,46	99,82	99,64	99,11
StToBR-24-312 № 1	97,68	98,38	97,86	99,27	98,04	98,04	99,64	98,76	99,46		99,64	99,11	99,11
StToBR-26-312 № 1	97,86	98,56	98,04	99,45	98,75	98,21	99,46	98,93	99,64	99,11	99,46		98,76
ToBRFV-EK-49, ToBFV-EK-54	97,99	98,73	98,36	100	99,27	98,94	99,63	99,09	99,82	99,27	99,63	99,45	99,09

генетически близкородственными. Идентичность последовательности нуклеотидов в гене полимеразы 126 кДа изолята Kaz-21 и изолятов Kaz-20, Kaz-22, Kaz-26, Kaz-27, Kaz-30 и Kaz-31 составила 100%, а изолята Kaz-21 в сравнении с изолятами Kaz-23, Kaz-24 и Kaz-25 – 99,81%, то есть отличалась всего по одному нуклеотиду.

Последовательность нуклеотидов гена репликазы 126 кДа OPC-1 у выявленных изолятов Kaz-20, Kaz-21, Kaz-22, Kaz-26, Kaz-27 и Kaz-30 на 100% соответствовала таковой у 57–58 изолятов ToBRFV из генбанка NCBI. Для изолятов Kaz-23, Kaz-24, Kaz-25 и Kaz-31 идентичность данного участка в сравнении с этими же референтными изолятами ToBRFV составила 99,64–99,82% (см. табл. 4). Более 50% референтных изолятов этой группы было выявлено в Нидерландах.

По последовательности нуклеотидов в гене репликазы 183 кДа изоляты Kaz-20, Kaz-22, Kaz-23, Kaz-24, Kaz-25 и Kaz-26 из Республики Казахстан характеризуются наиболее высокой идентичностью (99,29–99,82%) с изолятом 39986411 (OM515247) из Нидерландов. С группой из 101 другого референтного изолята ToBRFV по этому участку генома идентичность изолятов из Республики Казахстан составила 99,11–99,64% (см. табл. 4). Эта группа включает 55 других изолятов из Нидерландов и референтный изолят Uzb_4.1 (OR501605) из Узбекистана. Идентичность последовательностей нуклеотидов у шести выявленных изолятов ToBRFV из Узбекистана в сравнении с референтными изолятами этого вируса составила 99,27–99,82% для гена репликазы 183 кДа OPC-2 и 99,82–100% – для гена репликазы 126 кДа OPC-1 (см. табл. 5). Для изолята Uzb-6 наблюдалась 100%-я идентичность участка гена репликазы 126 кДа с изолятом ConV-01 (OR150933) из Италии. Идентичность выявленных нами изолятов Uzb-1 и Uzb-3 по участку гена

by significant divergence. Its identity in comparison with other ToBRFV isolates from Stavropol Krai was only 97.51–98.75%, and with isolates from Volgograd Oblast – 97.33–97.69%. In turn, all three analyzed ToBRFV isolates from Volgograd Oblast turned out to be genetically heterogeneous. Their identity in comparison with each other was only 97.33–97.69% (see Table 3).

Thus, it was shown that ToBRFV isolates identified in Stavropol Krai and Moscow Oblast are characterized by high genetic similarity, but differ significantly from this virus isolates from the Volgograd Oblast, which may indicate a different origin of the virus source.

Sequencing of the amplification products obtained in RT-PCR tests for tomato plant and fruit samples from the Republic of Kazakhstan and the Republic of Uzbekistan confirmed that they all belong to the ToBRFV. The amplification products of the TobRT-up1/TobRT-do2 primers corresponded to the 183 kDa replicase gene region of the ToBRFV ORF-2, and the amplification products of the ToBRFV-F/ToBRFV-R primers corresponded to the 126 kDa replicase gene region of the ToBRFV ORF-1 of numerous isolates of this virus deposited in the NCBI Genbank (see Tables 4–5).

Analysis of the obtained sequences showed that all ToBRFV isolates detected in tomato plants from the Republic of Kazakhstan are genetically closely related. The identity of the nucleotide sequence in the 126 kDa polymerase gene of the isolate Kaz-21 and isolates Kaz-20, Kaz-22, Kaz-26, Kaz-27, Kaz-30 and Kaz-31 was 100%, and that of the isolate Kaz-21 compared to isolates Kaz-23, Kaz-24 and Kaz-25 was 99.81%, i.e. it differed in only one nucleotide.

Табл. 4. Идентичность последовательностей нуклеотидов изолятов ToBRFV из Республики Казахстан и изолятов ToBRFV, депонированных в генбанке NCBI

Table 4. Identity of ToBRFV isolates nucleotide sequences from the Republic of Kazakhstan and ToBRFV isolates deposited in the NCBI Genbank

Изолят Isolate	Участок генома Genome region	Идентичность (%) Identity (%)	Кол-во изолятов NCBI*** Number of isolates NCBI***
Kaz-20	Ген репликазы 183 кДа ORF-2*	99,46	1
	Replicase gene 183 kDa ORF-2*	99,28	101
	Ген репликазы 126 кДа ORF-1**	100	57
	Replicase gene 126 kDa ORF-1**	99,82	42
Kaz-21	Ген репликазы 126 кДа ORF-1**	100	57
	Replicase gene 126 kDa ORF-1**	99,82	42
Kaz-22	Ген репликазы 183 кДа ORF-2*	99,29	1
	Replicase gene 183 kDa ORF-2*	99,11	101
	Ген репликазы 126 кДа ORF-1**	100	57
	Replicase gene 126 kDa ORF-1**	99,82	42
Kaz-23	Ген репликазы 183 кДа ORF-2*	99,46	1
	Replicase gene 183 kDa ORF-2*	99,28	101
	Ген репликазы 126 кДа ORF-1**	99,82	57
	Replicase gene 126 kDa ORF-1**	99,64	42
Kaz-24	Ген репликазы 183 кДа ORF-2*	99,64	1
	Replicase gene 183 kDa ORF-2*	99,45	101
	Ген репликазы 126 кДа ORF-1**	99,82	57
	Replicase gene 126 kDa ORF-1**	99,64	42
Kaz-25	Ген репликазы 183 кДа ORF-2*	99,64	1
	Replicase gene 183 kDa ORF-2*	99,46	101
	Ген репликазы 126 кДа ORF-1**	99,82	57
	Replicase gene 126 kDa ORF-1**	99,64	42
Kaz-26	Ген репликазы 183 кДа ORF-2*	99,82	1
	Replicase gene 183 kDa ORF-2*	99,64	101
	Ген репликазы 126 кДа ORF-1**	100	57
	Replicase gene 126 kDa ORF-1**	99,82	42
Kaz-27	Ген репликазы 126 кДа ORF-1**	100	58
	Replicase gene 126 kDa ORF-1**	99,82	41
Kaz-30	Ген репликазы 126 кДа ORF-1**	100	58
	Replicase gene 126 kDa ORF-1**	99,82	41
Kaz-31	Ген репликазы 126 кДа ORF-1**	99,82	57
	Replicase gene 126 kDa ORF-1**	99,64	42

* Продукт амплификации ПЦР с праймерами TobRT-up1/TobRT-do2;

** Продукт амплификации ПЦР с праймерами ToBRFV-F/ToBRFV-R;

*** Количество изолятов в генбанке NCBI с данной идентичностью

* PCR amplification product with primers TobRT-up1/TobRT-do2;

** PCR amplification product with primers ToBRFV-F/ToBRFV-R;

*** Number of isolates in the NCBI Genbank with a given identity

репликазы 183 кДа в сравнении с аналогичным участком генома референтного изолята Uzb_4.1 (OR501605) оказалась высокой и составила соответственно 99,29 и 99,82%.

После попарных сравнений участка гена репликазы 126 кДа идентичность изолятов Uzb-1, Uzb-2, Uzb-3 и Uzb-4 составила 100%, а идентичность изолята Uzb-6 в сравнении с этими изолятами – 99,82%.

The nucleotide sequence of the 126 kDa ORF-1 replicase gene in the identified isolates Kaz-20, Kaz-21, Kaz-22, Kaz-26, Kaz-27 and Kaz-30 was 100% consistent with that of 57–58 ToBRFV isolates from the NCBI Genbank. For isolates Kaz-23, Kaz-24, Kaz-25 and Kaz-31, the identity of this region compared to the same reference ToBRFV isolates was 99.64–99.82% (see Table 4). More than 50% of the reference isolates of this group were identified in the Netherlands.

Based on the nucleotide sequence in the 183 kDa replicase gene, isolates Kaz-20, Kaz-22, Kaz-23, Kaz-24, Kaz-25, and Kaz-26 from the Republic of Kazakhstan are characterized by the highest identity (99.29–99.82%) with isolate 39986411 (OM515247) from the Netherlands. With a group of 101 other reference ToBRFV isolates, the identity of the isolates from the Republic of Kazakhstan for this region of the genome was 99.11–99.64% (see Table 4). This group includes 55 other isolates from the Netherlands and the reference isolate Uzb_4.1 (OR501605) from Uzbekistan. The identity of nucleotide sequences in six identified ToBRFV isolates from Uzbekistan compared to the reference isolates of this virus was 99.27–99.82% for the 183 kDa replicase gene ORF-2 and 99.82–100% for the 126 kDa replicase gene ORF-1 (see Table 5). For the Uzb-6 isolate, 100% identity of the 126 kDa replicase gene region was observed with the Conv-01 (OP150933) isolate from Italy. The identity of the Uzb-1 and Uzb-3 isolates identified by us for the 183 kDa replicase gene region compared to the same region of the genome of the reference isolate Uzb_4.1 (OR501605) was high and amounted to 99.29 and 99.82%, respectively.

After pairwise comparisons of the 126 kDa replicase gene region, the identity of isolates Uzb-1, Uzb-2, Uzb-3 and Uzb-4 was 100%, and the identity of isolate Uzb-6 compared to these isolates was 99.82%.

According to the conducted phylogenetic analysis, it was established that isolates StToBR-26-312-1, StToBR-26-312-2, StToBR-21-312 (Stavropol Krai), Kaz-26 and Kaz-31 (Re-

public of Kazakhstan) form a separate cluster together with isolates TBRFV-IL (Israel) and Tom2M-Jo (Jordan). Isolates Kaz-22, Kaz-23, Kaz-24 and Kaz-30 (Republic of Kazakhstan) and Uzb-1 (Republic of Uzbekistan)

Табл. 5. Идентичность последовательностей нуклеотидов изолятов ToBRFV из Республики Узбекистан и изолятов ToBRFV, депонированных в генбанке NCBI

Table 5. Identity of ToBRFV isolates nucleotide sequences from the Republic of Uzbekistan and ToBRFV isolates deposited in the NCBI Genbank

Изолят Isolate	Участок генома Genome region	Идентичность (%) Identity (%)	Кол-во изолятов NCBI*** Number of isolates NCBI***
Uzb-1	Ген репликазы 183 кДа OPC-2* Replicase gene 183 kDa ORF-2*	99,29	102
	Ген репликазы 126 кДа OPC-1** Replicase gene 126 kDa ORF-1**	100	57
	Ген репликазы 126 кДа OPC-1** Replicase gene 126 kDa ORF-1**	99,82	42
Uzb-2	Ген репликазы 183 кДа OPC-2* Replicase gene 183 kDa ORF-2*	99,27	102
	Ген репликазы 126 кДа OPC-1** Replicase gene 126 kDa ORF-1**	100	99
	Ген репликазы 126 кДа OPC-1** Replicase gene 126 kDa ORF-1**	99,82	41
Uzb-3	Ген репликазы 183 кДа OPC-2* Replicase gene 183 kDa ORF-2*	99,82	102
	Ген репликазы 126 кДа OPC-1** Replicase gene 126 kDa ORF-1**	100	58
	Ген репликазы 126 кДа OPC-1** Replicase gene 126 kDa ORF-1**	99,82	41
Uzb-4	Ген репликазы 126 кДа OPC-1** Replicase gene 126 kDa ORF-1**	100	58
	Ген репликазы 126 кДа OPC-1** Replicase gene 126 kDa ORF-1**	99,82	42
	Ген репликазы 126 кДа OPC-1** Replicase gene 126 kDa ORF-1**	99,64	41
Uzb-6	Ген репликазы 126 кДа OPC-1** Replicase gene 126 kDa ORF-1**	100	1
	Ген репликазы 126 кДа OPC-1** Replicase gene 126 kDa ORF-1**	99,82	58
	Ген репликазы 126 кДа OPC-1** Replicase gene 126 kDa ORF-1**	99,64	41

* Продукт амплификации ПЦР с праймерами TobRT-up1/TobRT-do2;

** Продукт амплификации ПЦР с праймерами ToBRFV-F/ToBRFV-R;

*** Количество изолятов в генбанке NCBI с данной идентичностью

* PCR amplification product with primers TobRT-up1/TobRT-do2;

** PCR amplification product with primers ToBRFV-F/ToBRFV-R;

*** Number of isolates in the NCBI Genbank with a given identity

Согласно проведенному филогенетическому анализу установлено, что изоляты StToBR-26-312-1, StToBR-26-312-2, StToBR-21-312 (Ставропольский край), Kaz-26 и Kaz-31 (Республика Казахстан) образуют отдельный кластер совместно с изолятами TBRFV-IL (Израиль) и Tom2M-Jo (Иордания). Изоляты Kaz-22, Kaz-23, Kaz-24 и Kaz-30 (Республика Казахстан) и Uzb-1 (Республика Узбекистан) формировали второй кластер совместно с изолятами TBRFV-Ant-Tom (Турция) и ToBRFV-SD (Китай). Изоляты Kaz-21, Kaz-25 и Kaz-27 (Республика Казахстан) группировались совместно с изолятом 39941596_A (Нидерланды). Изоляты из Московской области (ToBRFV-EK-49 и ToBRFV-EK-54) и четыре изолята из Ставропольского края (StToBR-3-320-1, StToBR-3-320-2, StToBR-11-312-1 и StToBR-26-312-2) образуют отдельную филогенетическую подгруппу. Изоляты из Волгоградской области (VolToBR-42, VolToBR-43-1 и VolToBR-43-2) совместно с изолятом StToBR-5-320 также формируют отдельный кластер (см. рис. 3).

Секвенирование продуктов амплификации праймеров ToBRFV F-5476/ToBRFV R-6287 (Levitzky et al., 2019) позволило также получить полноразмерные последовательности нуклеотидов гена белка оболочки длиной 486 нуклеотидов для двух других изолятов ToBRFV (ToBRFV-LO-43 и ToBRFV-LO-44), выявленных в Московской области. Полученные последовательности соответствовали

formed the second cluster together with isolates TBRFV-Ant-Tom (Turkey) and ToBRFV-SD (China). Isolates Kaz-21, Kaz-25 and Kaz-27 (Republic of Kazakhstan) were grouped together with isolate 39941596_A (Netherlands). Isolates from Moscow Oblast (ToBRFV-EK-49 and ToBRFV-EK-54) and four isolates from Stavropol Krai (StToBR-3-320-1, StToBR-3-320-2, StToBR-11-312-1 and StToBR-26-312-2) form a separate phylogenetic subgroup. Isolates from Volgograd Oblast (VolToBR-42, VolToBR-43-1 and VolToBR-43-2) together with isolate StToBR-5-320 also form a separate cluster (see Fig. 3).

Sequencing of the amplification products of the ToBRFV F-5476/ToBRFV R-6287 primers (Levitzky et al., 2019) also allowed us to obtain full-length nucleotide sequences of the coat protein gene (486 nucleotides) for two other ToBRFV isolates (ToBRFV-LO-43 and ToBRFV-LO-44) identified in Moscow Oblast. The obtained sequences corresponded to a similar region of the genome of the general group of 117 ToBRFV isolates deposited in the NCBI Genbank, among which isolates common in the Netherlands predominated. The identity of the nucleotide sequences of the coat protein gene of the ToBRFV-LO-43 and ToBRFV-LO-44 isolates compared to the reference isolates of this virus was 98.36 and 99.38%, respectively. The identity between isolates ToBRFV-LO-43 and ToBRFV-LO-44 was only 97.33%.

CONSLUSION

The conducted studies allow us to conclude that the ToBRFV isolates that have spread in the Russian Federation are quite genetically heterogeneous, which indicates repeated cases of this virus being introduced in the Russian Federation from various sources. Two groups of ToBRFV isolates were detected in Moscow Oblast, one of which is genetically closely related to the isolates of this virus that are common in Stavropol Krai. In turn, most ToBRFV isolates from Volgograd Oblast differ significantly in the nucleotide sequence in the 126 kDa replicase gene from isolates from Stavropol Krai and Moscow Oblast. It was established that the ToBRFV isolates common in the Republic of Kazakhstan have a high genetic similarity to the isolates of this virus that were identified in the Netherlands and form a phylogenetic cluster with three isolates from Stavropol Krai. For the Uzb-6 isolate from the Republic of Uzbekistan, 100% identity of the 126 kDa replicase gene region was established with the Conv-01 (OP150933) isolate from Italy.

аналогичному участку генома общей группы из 117 изолятов ToBRFV, депонированных в генбанке NCBI, среди которых преобладали изоляты, распространенные в Нидерландах. Идентичность последовательностей нуклеотидов гена белка оболочки изолятов ToBRFV-LO-43 и ToBRFV-LO-44 в сравнении с референтными изолятами этого вируса составила соответственно 98,36 и 99,38%. Идентичность между изолятами ToBRFV-LO-43 и ToBRFV-LO-44 составила всего 97,33%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о достаточно высокой генетической разнородности изолятов ToBRFV, получивших распространение в Российской Федерации, что свидетельствует о неоднократных случаях проникновения этого вируса в нашу страну из различных источников. В Московской области выявлены две группы изолятов ToBRFV, одна из которых генетически близкородственна изолятам этого вируса, распространенным в Ставропольском крае. В свою очередь, большинство изолятов ToBRFV из Волгоградской области существенно отличаются по последовательности нуклеотидов в гене репликазы 126 кДа от изолятов из Ставропольского края и Московской области. Установлено, что изоляты ToBRFV, распространенные в Республике Казахстан, имеют высокое генетическое сходство с изолятами этого вируса, выявленными в Нидерландах, и формируют филогенетический кластер с тремя изолятами из Ставропольского края. Для изолята Uzb-6 из Республики Узбекистан установлена 100%-я идентичность участка гена репликазы 126 кДа с изолятом Conv-01 (OP150933) из Италии.

Благодарность.

Авторы выражают благодарность заведующей лабораторией вирусологии ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР» Н. К. Шилкиной за предоставление материала зараженных плодов томата из Республики Узбекистан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каримова Е.В., Шнейдер Ю.А. Вирус коричневой морщинистости плодов томата – потенциальная угроза для производства томатов и перца. *Фитосанитария. Карантин растений*. 2020а;(3):6-16. <https://doi.org/10.69536/FKR.2020.97.40.001>.
2. Каримова Е.В., Шнейдер Ю.А. Вирус коричневой морщинистости плодов томата - потенциально опасный патоген для Российской Федерации и других стран ЕАЭС. *Защита и карантин растений*. 2020b. № 9. С. 38–41.
3. Лозовая Е.Н., Приходько Ю.Н., Живаева Т.С., Шнейдер Ю.А., Каримова Е.В. Диагностика вирусов

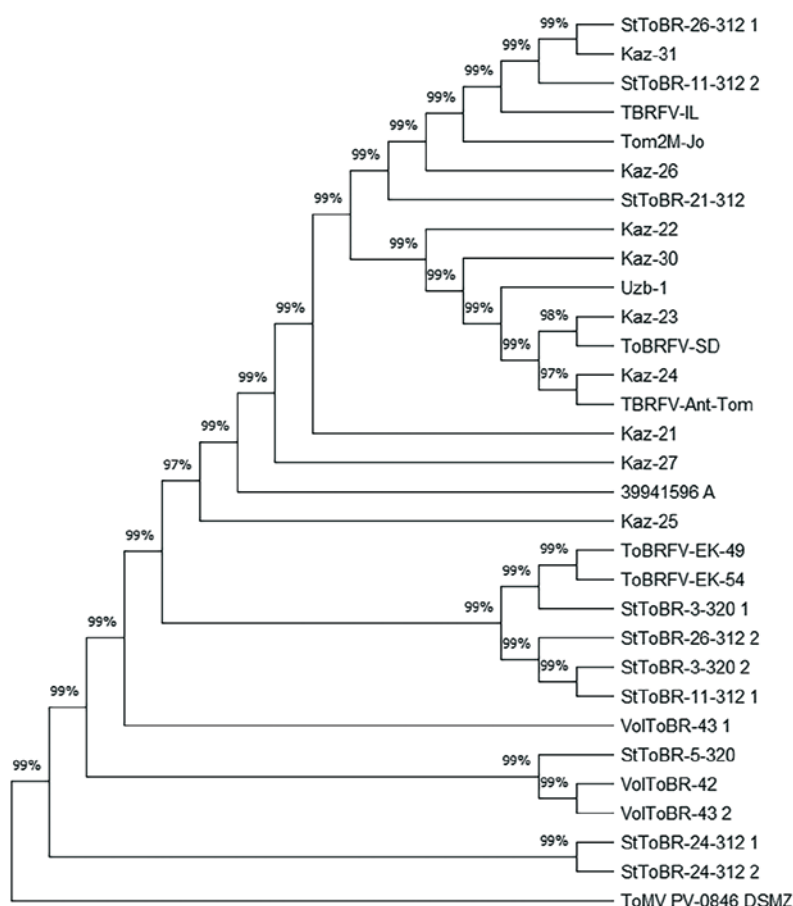


Рис. 3. Филогенетический анализ изолятов ToBRFV, распространенных в Российской Федерации, Республике Казахстан, Республике Узбекистан, и ряда референтных изолятов ToBRFV по последовательности нуклеотидов участка гена репликазы 126 кДа

Fig. 3. Phylogenetic analysis of ToBRFV isolates distributed in the Russian Federation, the Republic of Kazakhstan, the Republic of Uzbekistan, and some reference ToBRFV isolates by the nucleotide sequence of the 126 kDa replicase gene region

Acknowledgments

The authors express their gratitude to the head of the Virology Laboratory of the Testing Laboratory Center of FGBU "VNIICR" N.K. Shilkina for providing the material of infected tomato fruits from the Republic of Uzbekistan.

REFERENCES

1. Karimova E.V., Shneyder Y.A. Tomato brown rugose fruit virus is a potential threat for the tomato and pepper industry. *Plant Health and Quarantine*. 2020a;(3):6-16. <https://doi.org/10.69536/FKR.2020.97.40.001>
2. Karimova E.V., Shneyder Y.A. Tomato brown rugose fruit virus is a potential pathogen for the Russian Federation and other EAEU countries. *Plant Health and Quarantine*. 2020b; (9): 38–41.
3. Lozovaya E.N., Prikhodko Yu.N., Zhivaeva T.S., Shneyder Yu.A., Karimova E.V. Diagnosis of Tobamovirus genus viruses infecting Solanaceae. *Plant Health and Quarantine*. 2022;(2):39-49. <https://doi.org/10.69536/p4517-2518-6750-w>.

рода Tobamovirus, заражающих пасленовые овощные культуры. Фитосанитария. Карантин растений. 2022;(2):39-49. <https://doi.org/10.69536/p4517-2518-6750-w>.

4. МСФМ 32, Международные стандарты по фитосанитарным мерам №32 «Категоризация товаров в соответствии с представляемым ими фитосанитарным риском», 2009 г., 19 с.

5. Национальный доклад о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации в 2023 году. Фитосанитария. Карантин растений. 2024;(2):2-16.

6. Национальный доклад о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации в 2024 году. Фитосанитария. Карантин растений. 2025;(2). (в печати).

7. Шнейдер Ю.А., Каримова Е.В., Приходько Ю.Н., Лозовая Е.Н., Живаева Т.С. Вирусы томата, особо опасные для овощеводства России Картофель и овощи. 2021. № 6. С. 3–8.

8. Alkowni R., Alabdallah O., Fadda Z. Molecular identification of Tomato brown rugose fruit virus in tomato in Palestine// Journal of Plant Pathology. 2019. Vol. 101(3). P.719-723. DOI:10.1007/s42161-019-00240-7.

9. Davino S., Caruso A.G., Bertacca S., Barone S., Panno S. Tomato brown rugose fruit virus: seed transmission rate and efficacy of different seed disinfection treatments// Plants. 2020. 9(11):1615. <https://doi.org/10.3390/plants9111615>.

10. Dovas C.I., Efthimiou K., Katis N.I. Generic detection and differentiation of tobamoviruses by a spot nested RT-PCR-RFLP using dI-containing primers along with homologous dG-containing primers// Journal of Virological Methods. 2004. Vol.117. P.137–144. DOI: 10.1016/j.jviromet.2004.01.004.

11. EPPO, 2022. PM 7/146(2) Tomato brown rugose fruit virus/ EPPO Standard on Diagnostics// EPPO Bulletin. 2022. Vol. 52. P. 665–692.

12. EPPO, 2025. *Tobamovirus fructirugosum*. EPPO datasheets on pests recommended for regulation. <https://gd.eppo.int> (accessed 2025-01-28).

13. Hall, T.A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Nucl. Acids. Symp. Ser. 41:95-98.

14. Levitzky N., Smith E., Lachman O., Luria N., Mizrahi Y., Bakelman H., Sela N., Laskar O., Milrot E., Dombrovsky A. The bumblebee *Bombus terrestris* carries a primary inoculum of Tomato brown rugose fruit virus contributing to disease spread in tomatoes// PLoS ONE. 2019. Vol. 14(1): e0210871. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210871>.

15. Luria N., Smith E., Reingold V., Bekelman I., Lapidot M. A new Israeli Tobamovirus isolate infects tomato plants harboring Tm-22 resistance genes// PLOS ONE. 2017. 12(1): e0170429. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170429>.

16. Panno S., Caruso A.G., Barone S., Lo Bosco G., Rangel E.A., Davino S. Spread of Tomato brown rugose fruit virus in Sicily and evaluation of the spatiotemporal dispersion in experimental conditions// Agronomy. 2020. 10(6):834. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060834>.

17. Salem N., Mansour A., Ciuffo M., Falk B.W., Turina M. A new tobamovirus infecting tomato crops

4. ISPM 32, International Standards for Phytosanitary Measures No. 32 “Categorization of Commodities According to Pest Risk”, 2009, 19 p.

5. The National Report on Quarantine and Phytosanitary Status of the Territory of the Russian Federation in 2023. *Plant Health and Quarantine*. 2024; (2):2-16.

6. The National Report on Quarantine and Phytosanitary Status of the Territory of the Russian Federation in 2023. *Plant Health and Quarantine*. 2025;(2). (in press).

7. Shneyder Yu.A., Karimova E.V., Prihodko Yu.N., Lozovaya E.N., Zhivaeva T.S. Tomato viruses especially dangerous for vegetable growing of Russia. *Potato and vegetables*. 2021; (6): 3–8. (In Russ.)

8. Alkowni R., Alabdallah O., Fadda Z. Molecular identification of Tomato brown rugose fruit virus in tomato in Palestine// Journal of Plant Pathology. 2019. Vol. 101(3). P.719-723. DOI:10.1007/s42161-019-00240-7.

9. Davino S., Caruso A.G., Bertacca S., Barone S., Panno S. Tomato brown rugose fruit virus: seed transmission rate and efficacy of different seed disinfection treatments// Plants. 2020. 9(11):1615. <https://doi.org/10.3390/plants9111615>.

10. Dovas C.I., Efthimiou K., Katis N.I. Generic detection and differentiation of tobamoviruses by a spot nested RT-PCR-RFLP using dI-containing primers along with homologous dG-containing primers// Journal of Virological Methods. 2004. Vol.117. P.137–144. DOI: 10.1016/j.jviromet.2004.01.004.

11. EPPO, 2022. PM 7/146(2) Tomato brown rugose fruit virus/ EPPO Standard on Diagnostics// EPPO Bulletin. 2022. Vol. 52. P. 665–692.

12. EPPO, 2025. *Tobamovirus fructirugosum*. EPPO datasheets on pests recommended for regulation. <https://gd.eppo.int> (accessed 2025-01-28).

13. Hall, T.A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. Nucl. Acids. Symp. Ser. 41:95-98.

14. Levitzky N., Smith E., Lachman O., Luria N., Mizrahi Y., Bakelman H., Sela N., Laskar O., Milrot E., Dombrovsky A. The bumblebee *Bombus terrestris* carries a primary inoculum of Tomato brown rugose fruit virus contributing to disease spread in tomatoes// PLoS ONE. 2019. Vol. 14(1): e0210871. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210871>.

15. Luria N., Smith E., Reingold V., Bekelman I., Lapidot M. A new Israeli Tobamovirus isolate infects tomato plants harboring Tm-22 resistance genes// PLOS ONE. 2017. 12(1): e0170429. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170429>.

16. Panno S., Caruso A.G., Barone S., Lo Bosco G., Rangel E.A., Davino S. Spread of Tomato brown rugose fruit virus in Sicily and evaluation of the spatiotemporal dispersion in experimental conditions// Agronomy. 2020. 10(6):834. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060834>.

17. Salem N., Mansour A., Ciuffo M., Falk B.W., Turina M. A new tobamovirus infecting tomato crops

in Jordan// Archives of Virology. 2016. Vol.161 (2). P. 503–506. DOI: 10.1007/s00705-015-2677-7.

18. Salem N.M., Jewehan A., Aranda M.A., Fox A. Tomato Brown Rugose Fruit Virus Pandemic// Annu. Rev. Phytopathol. 2023. Vol.61. P.137-164. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-021622-120703>.

19. Salem N.M., Sulaiman A., Samarah N., Turina M., Vallino M. Localization and mechanical transmission of Tomato brown rugose fruit virus in tomato seeds// Plant Disease. 2022. Vol.106 (1). P.275-281. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-20-2413-RE>.

20. Shneyder Y., Karimova E., Zhivaeva T., Lozovaya E., Bashkirova I., Prikhodko Y. Comparison of express-diagnostic kit and PCR tests for detection of Tomato brown rugose fruit virus Acta Horticulturae. 2022. T. 1351. C. 113–118.

21. Tamura K., Stecher G., and Kumar S. (2021) MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 11. *Molecular Biology and Evolution* 38:3022–3027.

22. <https://fsvps.gov.ru/files/otkrytye-dannye-perechen-karantinnyh-fitosanitarnyh-zon-skachat-nabor-v-csv-i-v-xlsx/> (дата обращения: 09.01.2025 г.)

23. https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PAGE_TYPE=BlastSearch&BLAST_SPEC=GlobalAln (дата обращения: 10.01.2025 г.)

24. <https://ncbiinsights.ncbi.nlm.nih.gov/2021/07/09/blast-2-12-0/> (дата обращения: 15.01.2025 г.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Лозовая Евгения Николаевна, научный сотрудник отдела аспирантуры ФГБУ «ВНИИР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150; e-mail: evgeniyaf@mail.ru

Живаева Татьяна Степановна, научный сотрудник научно-методического отдела вирусологии ФГБУ «ВНИИР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150; e-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru

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

Шнейдер Юрий Андреевич, кандидат биологических наук, начальник научно-методического отдела вирусологии, ведущий научный сотрудник ФГБУ «ВНИИР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150; ORCID 0000-0002-7565-1241, e-mail: yury.shneyder@mail.ru

Башкирова Ида Геннадьевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник научно-методического отдела вирусологии ФГБУ «ВНИИР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150; ORCID ID 0000-0001-9014-4179, e-mail: bashkirovaid@mail.ru

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

in Jordan// Archives of Virology. 2016. Vol.161 (2). P. 503–506. DOI: 10.1007/s00705-015-2677-7.

18. Salem N.M., Jewehan A., Aranda M.A., Fox A. Tomato Brown Rugose Fruit Virus Pandemic// Annu. Rev. Phytopathol. 2023. Vol.61. P.137-164. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-021622-120703>.

19. Salem N.M., Sulaiman A., Samarah N., Turina M., Vallino M. Localization and mechanical transmission of Tomato brown rugose fruit virus in tomato seeds// Plant Disease. 2022. Vol.106 (1). P. 275-281. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-20-2413-RE>.

20. Shneyder Y., Karimova E., Zhivaeva T., Lozovaya E., Bashkirova I., Prikhodko Y. Comparison of express-diagnostic kit and PCR tests for detection of Tomato brown rugose fruit virus Acta Horticulturae. 2022. T. 1351. C. 113–118.

21. Tamura K., Stecher G., and Kumar S. (2021) MEGA11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 11. *Molecular Biology and Evolution* 38:3022–3027.

22. <https://fsvps.gov.ru/files/otkrytye-dannye-perechen-karantinnyh-fitosanitarnyh-zon-skachat-nabor-v-csv-i-v-xlsx/> (last accessed: 09.01.2025 г.)

23. https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PAGE_TYPE=BlastSearch&BLAST_SPEC=GlobalAln (last accessed: 10.01.2025 г.)

24. <https://ncbiinsights.ncbi.nlm.nih.gov/2021/07/09/blast-2-12-0/> (last accessed: 15.01.2025 г.).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Evgeniya Lozovaya, Researcher, Postgraduate Department, FGBU “VNIIR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150; e-mail: evgeniyaf@mail.ru

Tatiana Zhivaeva, Researcher, Research and Methodology Department of Virology FGBU “VNIIR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150; e-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru

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

Yuri Shneyder, PhD in Biology, Leading Researcher, Head of Research and Methodology Department of Virology, FGBU “VNIIR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150; ORCID 0000-0002-7565-1241, e-mail: yury.shneyder@mail.ru

Ida Bashkirova, PhD in Biology, Researcher, Research and Methodology Department of Virology, FGBU “VNIIR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150; ORCID ID 0000-0001-9014-4179, e-mail: bashkirovaid@mail.ru

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

Определение биологической эффективности фунгицидов против карантинных возбудителей болезней зерновых, бобовых и масличных культур в лабораторных условиях

* КУЗНЕЦОВА А.А.¹, СУРИНА Т.А.², КОСТИН Н.К.³

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

³ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева), г. Москва, Россия, 127434

¹ ORCID 0000-0001-8443-2641, e-mail: kyyznec@bk.ru

² ORCID 0000-0002-0463-5762, e-mail: t.a.surina@yandex.ru

³ ORCID 0009-0003-8066-0753, e-mail: kostinwork1@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе проведена оценка биологической эффективности фунгицидов с разными действующими веществами по отношению к возбудителю пятнистости листьев кукурузы *Cochliobolus carbonum* Nels, фомопсиса подсолнечника *Diaporthe helianthi* Munt.-Cvet. et al. и пурпурного церкоспороза сои *Cercospora kikuchii* (Matsumoto & Tomoyasu) Gardner. Перечисленные грибы являются карантинными вредными организмами, которые существенно снижают всхожесть семян, ухудшают качество зерна, снижают выход и качество масла. В связи с тем что семенной материал является основным путем распространения инфекции, существует фитосанитарный риск заноса на территорию России карантинных опасных грибов. Предпосевное протравливание семян химическими препаратами является надежным способом защиты от грибных болезней. В работе протестированы 8 фунгицидов, зарегистрированных на данных культурах, в случае с соей и кукурузой анализировали препараты незарегистрированные на них. Установлены минимальные концентрации действующих веществ, которые полностью лишают жизнеспособности карантинных грибов. Оценка биологической эффективности препаратов проводили в лабораторных условиях на твердой питательной среде 2% КГА с добавлением фунгицидов разного действующего состава в концентрациях 100, 10 и 1%. Установлено, что в отношении грибов *C. carbonum* и *D. helianthi* фунгициды «Скарлет», МЭ;

Determination of biological efficiency of fungicides against quarantine pests of grain, legume and oil crops in laboratory conditions

* ANNA A. KUZNETSOVA¹, TATIANA A. SURINA², NIKITA K. KOSTIN³

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

³ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia, 127434

¹ ORCID 0000-0001-8443-2641, e-mail: kyyznec@bk.ru

² ORCID 0000-0002-0463-5762, e-mail: t.a.surina@yandex.ru

³ ORCID 0009-0003-8066-0753, e-mail: kostinwork1@gmail.com

ABSTRACT

This study provides an assessment of the biological effectiveness of fungicides with different active ingredients in relation to *Cochliobolus carbonum* Nels, *Diaporthe helianthi* Munt.-Cvet. et al. and *Cercospora kikuchii* (Matsumoto & Tomoyasu) Gardner. The listed fungi are quarantine pests that significantly reduce seed germination, lower grain quality, and reduce oil yield and quality. Due to the fact that seed material is the main pathway, there is a pest risk of introducing quarantine fungi into the territory of Russia. Pre-sowing seed treatment with chemicals is a reliable method of controlling fungal diseases. The 8 tested fungicides registered for these crops, in the case of soybeans and corn non-registered fungicides, were analyzed. Minimum concentrations of active substances that completely deprive quarantine fungi of viability were established. The biological efficiency of the preparations was assessed in laboratory conditions on a solid nutrient medium of 2% potato dextrose agar (PDA) with the addition of fungicides of different active compositions in concentrations of 100, 10 and 1%. It was found that in relation to fungi

«Пионер», КС; «Клад», КС и «Депозит Суприм», МЭ показали 100% биологическую эффективность во всех протестированных концентрациях. Препарат «ТМТД», ВСК эффективно сработал против фомопсиса во всех концентрациях, о чем свидетельствует отсутствие роста колоний на чашках Петри. В отношении церкоспороза сои эффективными оказались препараты «Скарлет», МЭ; «ТМТД», ВСК; «Депозит Суприм», МЭ и «Виталон», КС в концентрациях 100 и 10%. Препараты «Клад», КС; «Оплот», ВСК и «Пионер», КС показали свою активность только в 100% концентрации, где активно подавляли рост колоний *C. kikuchii*.

Ключевые слова. Карантинный вредный организм, *Cochliobolus carbonum*, *Diaporthe helianthi*, *Cercospora kikuchii*, химические препараты, обеззараживание семян.

ВВЕДЕНИЕ



одсолнечник, кукуруза и соя – важные сельскохозяйственные культуры, которые широко выращиваются как в России, так и во многих других странах мира. Увеличение площади посева данных культур является одним из факторов, способствующих увеличению объемов производства зерновых и масличных культур и повышению продовольственной безопасности нашей страны. Благодаря своим полезным свойствам культуры широко используются как на кормовые, так и на производственные цели (Грейнрус, 2023).

Одной из ключевых проблем, препятствующих увеличению производства и снижению урожайности данных культур в нашей стране, являются грибные болезни. По оценкам специалистов, эти заболевания ежегодно приводят к потере одной пятой части мирового урожая растений (Азбукина, 1980).

Зараженные семена (как из-за рубежа, так и с внутреннего рынка) представляют собой серьезный источник риска по причине распространения вредоносных грибов. Инфекция, которая находится как на поверхности, так и внутри семени, может привести к интродукции карантинных грибов на территорию России. Такие грибы, как *Cochliobolus carbonum* Nels, *Diaporthe helianthi* Munt.-Cvet. et al. и *Cercospora kikuchii* (Matsumoto & Tomoyasu) Gardner, сохраняются латентно в семенах и могут распространяться с ними на новые территории (Сметник и др., 1998; El-Shafey et al., 2018; McLean K.S. et al., 1988).

Возбудитель пятнистости кукурузы *C. carbonum* является карантинным вредным организмом для России и ряда других стран, способным инфицировать не только кукурузу (*Zea mays* L.), но и такие культуры, как сорго (*Sorghum* spp.), рис посевной (*Oryza sativa* L.), ячмень обыкновенный (*Hordeum vulgare* L.), пшеница (*Triticum* spp.), рожь посевная (*Secale cereale* L.), яблоня домашняя (*Malus domestica* Borkh.), гречиха (*Paspalum* spp.) и кофейное дерево

C. carbonum and *D. helianthi*, fungicides Scarlet, ME; Pioneer, SC; Klad, SC and Deposit Supreme, ME showed 100% biological efficiency in all tested concentrations. The fungicide preparation TMTD, Water SC worked effectively against *Diaporthe helianthi* in all concentrations, as evidenced by the absence of colony growth on Petri dishes. In relation to *Cercospora kikuchii*, the following preparations were effective: Scarlet, ME; TMTD, Water SC; Deposit Supreme, ME and Vitalon, SC in concentrations of 100 and 10%. The preparations Klad, SC; Oplot, Water SC and Pioneer, SC showed their activity only in 100% concentration, where they actively suppressed the growth of the *C. kikuchii* colony.

Keywords. Quarantine pest, *Cochliobolus carbonum*, *Diaporthe helianthi*, *Cercospora kikuchii*, chemicals, seed disinfection.

INTRODUCTION



unflower, corn and soybeans are important agricultural crops that are widely cultivated both in Russia and in many other countries. Expanding the area under these crops is one of the factors contributing to the increase in the production of grain and oilseed crops and boosting the food security of our country. Due to their beneficial properties, these crops are widely used for both feed and production purposes (Grainrus, 2023).

One of the key problems preventing the increase in production and the decrease in the yield of these crops in Russia are fungal diseases. According to experts, these diseases annually lead to the loss of one fifth of the world's plant harvest (Azbukina, 1980).

Infected seeds (both from abroad and from the Russian market) represent a serious source of risk due to the spread of harmful fungi. The infection, which is both on the surface and inside the seed, can lead to the introduction of quarantine fungi into the territory of Russia. Such fungi as *Cochliobolus carbonum* Nels, *Diaporthe helianthi* Munt.-Cvet. et al. and *Cercospora kikuchii* (Matsumoto & Tomoyasu) Gardner, are preserved latently in seeds and can spread with them to new territories (Smetnik et al., 1998; El-Shafey et al., 2018; McLean K.S. et al., 1988).

C. carbonum is a quarantine pest for Russia and some other countries, capable of infecting not only corn (*Zea mays* L.), but also crops such as sorghum (*Sorghum* spp.), rice (*Oryza sativa* L.), barley (*Hordeum vulgare* L.), wheat (*Triticum* spp.), rye (*Secale cereale* L.), apple trees (*Malus domestica* Borkh.), buckwheat (*Paspalum* spp.) and coffee trees (*Coffea arabica* L.). The species affects leaves in the form of various spots and causes corn cob rot, which leads to significant yield losses (Hooker, 1974).

Among the causative agents of seed stain, the most dangerous species is the fungus *C. kikuchii*, which is a quarantine pest limitedly present in Russia. In Latin

арабийское (*Coffea arabica* L.). Вид поражает листья в виде различных пятнистостей и вызывает гниль початков кукурузы, что приводит к значительным потерям урожайности (Hooker, 1974).

Среди возбудителей церкоспороза наиболее опасный вид – гриб *C. kikuchii*, который является карантинным патогеном, ограниченно распространенным на территории России. В странах Латинской Америки потери урожая, вызванные пятнистостью листьев, могут достигать от 30 до 50%. Болезнь способна вызывать преждевременную дефолиацию, особенно в жарких и сухих условиях. Патоген снижает всхожесть зараженных семян на 6% и более, ухудшает качество зерна, изменяет биохимический состав масла и уменьшает его выход (Положиева и др., 2015).

Возбудитель фомопсиса подсолнечника *D. helianthi* также имеет карантинное значение для России и является ограниченно распространенным видом на данной территории. У зараженных семян уменьшается всхожесть, масса семян и их выполненность, снижаются выход и качество масла до 40%. Фомопсис стал одним из основных ограничивающих факторов для производства подсолнечника в Европе, где потери урожая составили до 50%, а потери содержания масла превысили 10% (Mathew et al., 2015).

Для предотвращения распространения карантинных вредных организмов необходимо применение комплекса защитных мероприятий, включая использование наиболее эффективных и апробированных методов, одним из которых является обеззараживание семян. В условиях интенсификации сельского хозяйства и распространения монокультур эффективные методы обработки семян становятся особенно актуальными. Обеззараживание не только повышает жизнеспособность семян, но и способствует формированию устойчивости растений к различным инфекциям, что в конечном итоге влияет на урожайность и экономическую эффективность производства (Зинченко, 2012).

Один из способов обеззараживания – это протравливание семян перед посевом с помощью химических веществ. В практике применяются фунгициды с широким спектром действия и с высокой биологической активностью. Наиболее эффективными против гельминтоспориозной гнили являются фунгициды на основе группы 1,2,4-триазолов (действующие вещества: дифеноконазол, тебуконазол, тритриконазол, флутриафол, ципроконазол), которые ингибируют синтез стерина, нарушая проницаемость липидного слоя мембран клеток грибов, способны препятствовать дальнейшему удлинению ростковых трубок, дифференциации клеток и росту мицелия гриба – этим и объясняется их фунгицидное действие (Буга, 2013). Класс триазолов наиболее токсичный для мицелия, нежели для спор гриба. Данные препараты обладают системным действием, перемещаются акропетально по ксилеме с дальнейшим проникновением из обработанных семян в проростки (вверх по растению), чем эффективно защищают растения на начальных этапах развития от патогенной микрофлоры (Тютюрев, 2010; Тютюрев, 2006; Свидинович и др., 2022). Также против гельминтоспориоза кукурузы применяют

American countries, crop losses caused by seed stain can reach 30 to 50%. The disease can cause premature defoliation, especially in hot and dry conditions. The pathogen reduces the germination of infected seeds by 6% or more, worsens the quality of grain, changes the biochemical composition of oil and reduces its yield (Polozhieva et al., 2015).

D. helianthi also has quarantine significance for Russia and is a limitedly present species in Russia. Infected seeds have reduced germination, seed weight and density, and oil yield and quality are reduced by up to 40%. Stem rot has become one of the main limiting factors for sunflower production in Europe, where yield losses amounted to 50% and oil content losses exceeded 10% (Mathew et al., 2015).

To prevent the spread of quarantine pests, it is necessary to use a set of protective measures, including the use of the most effective and proven methods, one of which is seed disinfection. In the context of intensification of agriculture and the spread of monocultures, effective methods of seed treatment are becoming especially relevant. Disinfection not only increases the viability of seeds, but also contributes to the formation of plant resistance to various infections, which ultimately affects the yield and economic efficiency of production (Zinchenko, 2012).

One of the disinfection methods is pre-sowing seed treatment with chemicals. In practice, fungicides with a wide spectrum of action and high biological activity are used. The most effective against helminthosporium blight are fungicides based on the 1,2,4-triazole group (active ingredients: difenconazole, tebuconazole, triticonazole, flutriafol, cyproconazole), which inhibit the synthesis of sterols, disrupting the permeability of the lipid layer of fungal cell membranes, are able to prevent further elongation of germ tubes, cell differentiation and growth of fungal mycelium – this explains their fungicidal effect (Buga, 2013). The triazole class is more toxic to the mycelium than to the fungal spores. These preparations have a systemic effect, move acropetally along the xylem with further penetration from the treated seeds into the seedlings (up the plant), which effectively protects plants at the initial stages of development from pathogenic microflora (Tyuterev, 2010; Tyuterev, 2006; Svidunovich et al., 2022). Also, seed dressings of the phenylpyrrole group are used against helminthosporiosis blight of corn, for example, such an active substance as fludioxonil, which inhibits the growth of the pathogen's mycelium, suppresses glucose phosphorylation, disrupting the functions of the cell membranes of fungi (Pesticides.ru, 2021).

Chemical control methods are one of the effective and widespread methods of suppressing the activity of *Cercospora* fungi on soybean seeds. To control *C. kikuchii*, preparations based on azoxystrobin, thiophanate-methyl, carbendazim and their combinations are widely used. These fungicides suppress the development of fungi and prevent their spread on seeds and plant leaves (Santos F.M. et al., 2022).

Табл. 1. Препараты, использованные в опытах
Table 1. Fungicide Preparations used in the experiments

№	Наименование п/п препарата и д. в., содержание д. в.	Name of the preparation and active ingredient, active ingredient content	Культура	Culture	Норма применения препарата, л/т Dosage rate of the drug, l/t	Расход рабочей жидкости, л/т Working fluid consumption, l/t	Концентрация д. в. в рабочем растворе, г/л Concentration of active ingredient in working solution, g/l
1	«Скарлет», МЭ имазалил + тебуконазол (100 + 60 г/л)	Scarlet, ME imazalil + tebuconazole (100 + 60 g/l)	Соя	Soybeans	0,4	5	8 + 4,8
			Кукуруза	Corn	0,4	10	4 + 2,4
			Подсолнечник	Sunflower	0,4	10	4 + 2,4
2	«Пионер», КС флутриафол + тиабендазол, 25 + 25 г/л	Pioneer, SC flutriafol + thiabendazole, 25 + 25 g/l	Соя	Soybeans	2	10	5 + 5
			Кукуруза	Corn	2	10	5 + 5
			Подсолнечник	Sunflower	2	10	5 + 5
3	«Клад», КС тиабендазол + тебуконазол + имазалил, 80 + 60 + 60, г/л	Klad, SC thiabendazole + tebuconazole + imazalil, 80 + 60 + 60, g/l	Соя	Soybeans	0,6	10	4,8 + 2,4 + 2,4
			Кукуруза	Corn	0,6	10	4,8 + 2,4 + 2,4
			Подсолнечник	Sunflower	0,6	10	4,8 + 2,4 + 2,4
4	«ТМТД», ВСК тирам, 400 г/л	TMTD, Water SC thiram, 400 g/l	Соя	Soybeans	6	10	240
			Кукуруза	Corn	4	10	160
			Подсолнечник	Sunflower	4	10	160
5	«Депозит Суприм», МЭ флудиоксонил + имазалил + мефеноксам, 40 + 40 + 15 г/л	Deposit Supreme, ME fludioxonil + imazalil + mefenoxam, 40 + 40 + 15 g/l	Соя	Soybeans	1	6	6,7 + 6,7 + 2,5
			Кукуруза	Corn	1	10	4 + 4 + 1,5
			Подсолнечник	Sunflower	1	10	4 + 4 + 1,5
6	«Максим», КС флудиоксонил, 25 г/л	Maxim, SC fludioxonil, 25 g/l	Соя	Soybeans	5	10	12,5
			Кукуруза	Corn	5	10	12,5
			Подсолнечник	Sunflower	5	10	12,5
7	«Оплот», ВСК дифеноконазол + тебуконазол 90 + 45 г/л	Oplot, Water SC difenoconazole + tebuconazole 90 + 45 g/l	Соя	Soybeans	0,5	8	5,6 + 2,8
			Кукуруза	Corn	-	-	-
			Подсолнечник	Sunflower	-	-	-
8	«Виталон», КС тирам + тебуконазол (400 + 14 г/л)	Vitalon, SC thiram + tebuconazole (400 + 14 g/l)	Соя	Soybeans	1,5	5	120 + 4,2
			Кукуруза	Corn	-	-	-
			Подсолнечник	Sunflower	-	-	-

протравители групп фенилпирролов, например такое действующее вещество, как флудиоксонил, которое ингибирует рост мицелия патогена, подавляет фосфорилирование глюкозы, нарушая функции клеточных мембран грибов (Пестициды.ру, 2021).

Химические методы борьбы являются одним из эффективных и массовых способов подавления активности грибов рода *Cercospora* на семенах сои. Для борьбы с пурпурным церкоспорозом широко применяются препараты на основе азоксистробина, тиабендазола, карбендазима и их комбинаций. Эти фунгициды подавляют развитие грибов и предотвращают их распространение на семенах и листьях растений (Santos F.M. et al., 2022).

Против фомопсиса подсолнечника зарегистрирован ряд препаратов с различными действующими веществами. Наиболее эффективные обработки семян препаратами на основе следующих действующих веществ: тебуконазола, тиабендазола, имазалила, флутриафола, ипродиона и флудиоксонила. Химический метод борьбы также применяется для опрыскивания вегетирующих растений при появлении первых признаков болезни (Пестициды.ру, 2021).

Some preparations with various active substances have been registered against *D. helianthi*. The most effective seed treatments are preparations based on the following active substances: tebuconazole, thiabendazole, imazalil, flutriafol, iprodione and fludioxonil. The chemical control method is also used for spraying vegetative plants when the first signs of the disease appear (Pesticides.ru, 2021).

Currently, preference is given to fungicides with several active ingredients, which helps prevent the emergence of resistant pathogen populations (Khilevsky, 2015).

Thus, in practice, fungicides with different active compositions are used for pre-sowing seed treatment against fungal diseases. However, there are no registered chemicals against quarantine species *C. carbonum*, *D. helianthi* and *C. kikuchii*, so it is necessary to search for effective fungicides for seed disinfection.

The aim of our research was to determine the biological effectiveness of the selected fungicides against

В настоящее время предпочтение отдается фунгицидам с несколькими действующими веществами, что позволяет предотвратить появление резистентных популяций патогенов (Хилевский, 2015).

Таким образом, в практике применяются фунгициды с разным действующим составом для предпосевной обработки семян против грибных болезней. Однако против карантинных видов *C. carbonum*, *D. helianthi* и *C. kikuchii* отсутствуют зарегистрированные химические препараты, поэтому необходимо проводить поиск эффективных фунгицидов для обеззараживания семян.

Целью наших исследований являлось определение биологической эффективности выбранных фунгицидов в отношении данных карантинных грибов в лабораторных условиях на чистых культурах.

these quarantine fungi in laboratory conditions on pure cultures.

MATERIALS AND METHODS

The experimental work was carried out in 2024 at the All-Russian Plant Quarantine Center (VNIIKR). The research materials were pure cultures of the VNIIKR collection fungi strains: *C. carbonum*, *D. helianthi* and *C. kikuchii*. The work tested chemical preparations of different groups of active substances approved for use in Russia and used for pre-sowing treatment of seeds on these crops against fungal phytopathogens. There were also tested 3 preparations (Pioneer, SC; Klad, SC; Maxim, SC), which are not registered for soybeans, and two preparations (Klad, SC and Maxim, SC), not registered for corn, but used as seed dressings on other crops (Pioneer, SC – on wheat, oats, barley, sunflower, corn; Klad, SC – on wheat, rye, barley, sunflower, rapeseed; Maxim, SC – on seed potatoes, sugar beets, sunflower) (Pesticide Handbook, 2025).

The biological efficiency of the preparations was determined on a solid nutrient medium of 2% PDA. Fungicides with different concentrations were added to the nutrient medium cooled to a temperature of 50 °C. The concentration was calculated in accordance with the recommended standards for the working consumption of the preparation per 1 ha, as well as with a decrease in the initial concentration by 10 and 100 times.

The resulting medium with a known concentration of active ingredients of the preparations was poured into Petri dishes in 20 ml portions. The experiment was carried out in 5-fold repetition of each variant of the preparation and concentration (Popov et al., 2003).

The concentration of active ingredient in the working solution was calculated using the formula: $K = A \times B / V$, where K is the concentration of active ingredient in the working solution, g/l; A is the initial content of active ingredient in the preparation, g/l; B is the application rate of the preparation, l/t; V is the consumption of working fluid, l/t.

The preparations used in the experiments, with subsequent calculations of the concentration of active substances in the working solution, are given in Table 1.

Влияние препаратов на <i>C. carbonum</i> в различных концентрациях Effect of preparations on <i>C. carbonum</i> at different concentrations				
№ п/п	Патоген Pathogen	100%	10%	1%
1	«Скарлет», МЭ (имазалил + тебуконазол, 100 + 60 г/л) Scarlet, ME (imazalil + tebuconazole, 100 + 60 g/l)			
2	«Пионер», КС (флутриафол + тиabendазол, 25 + 25 г/л) Pioneer, SC (flutriafol + thiabendazole, 25 + 25 g/l)			
3	«Клад», КС (тиabendазол + тебуконазол + имазалил, 80 + 60 + 60 г/л) Klad, SC (thiabendazole + tebuconazole + imazalil, 80 + 60 + 60 g/l)			
4	«ТМТД», ВСК (тирам, 400 г/л) TMTD, Water SC (thiram, 400 g/l)			
5	«Депозит Суприм», МЭ (флудиоксонил + имазалил + мефеноксам, 40 + 40 + 15 г/л) Deposit Suprime, ME (fludioxonil + imazalil + mefenoxam, 40 + 40 + 15 g/l)			
6	«Максим», КС (флудиоксонил, 25 г/л) Maxim, SC (fludioxonil, 25 g/l)			

Рис. 1. Влияние на гриб *C. carbonum* препаратов различных концентраций при культивировании на 2% КГА на 21-й день

Fig. 1. Effect of preparations at different concentrations on the fungus *C. carbonum* cultured on 2% PDA on day 21

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальная работа была выполнена в 2024 г. на базе ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»). Материалами исследований являлись чистые культуры коллекционных штаммов грибов ФГБУ «ВНИИКР»: *C. carbonum*, *D. helianthi* и *C. kikuchii*. В работе тестировали химические препараты разных групп действующих веществ (д. в.), разрешенных к применению в России и используемых для предпосевной обработки семян на данных культурах против грибных фитопатогенов. Также были протестированы 3 препарата («Пионер», КС; «Клад», КС; «Максим», КС), которые не зарегистрированы на сое, и два препарата («Клад», КС и «Максим», КС), не зарегистрированные на кукурузе, но используемые как протравители семян на других культурах («Пионер», КС – на пшенице, овсе, ячмене, подсолнечнике, кукурузе; «Клад», КС – на пшенице, ржи, ячмене, подсолнечнике, рапсе; «Максим», КС – на картофеле семенном, свекле сахарной, подсолнечнике) (Справочник пестицидов, 2025).

Определение биологической эффективности препаратов проводили на твердой питательной среде 2% КГА. Фунгициды с различной концентрацией добавляли в питательную среду, охлажденную до температуры 50 °С. Концентрацию рассчитывали в соответствии с рекомендуемыми нормами рабочего расхода препарата на 1 га, а также с уменьшением исходной концентрации в 10 и 100 раз.

Полученную среду с известной концентрацией д. в. препаратов разливали по 20 мл в чашки Петри. Опыт проводили в 5-кратной повторности каждого варианта препарата и концентрации (Попов и др., 2003).

Концентрация д. в. в рабочем растворе рассчитывали по формуле: $K = A \times B / V$, где К – концентрация д. в. в рабочем растворе, г/л; А – исходное содержание д. в. в препарате, г/л; В – норма применения препарата, л/т; В – расход рабочей жидкости, л/т.

Препараты, использованные при проведении опытов, с последующими расчетами концентрации д. в. в рабочем растворе приведены в табл. 1.

В дальнейшем вырезали круглые высежки 14-дневной чистой культуры с питательной среды КГА диаметром 1 см. Высежки помещали в центр

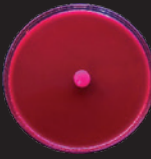
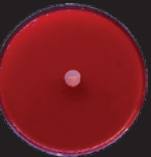
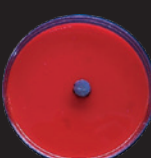
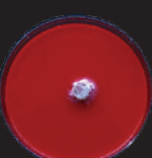
Влияние препаратов на <i>D. helianthi</i> в различных концентрациях				
№ п/п	Патоген Pathogen	100%	10%	1%
1	«Скарлет», МЭ (имазалил + тебуконазол, 100 + 60 г/л) Scarlet, ME (imazalil + tebuconazole, 100 + 60 g/l)			
2	«Пионер», КС (флутриафол + тиabendазол, 25 + 25 г/л) Pioneer, SC (flutriafol + thiabendazole, 25 + 25 g/l)			
3	«Клад», КС (тиabendазол + тебуконазол + имазалил, 80 + 60 + 60 г/л) Klad, SC (thiabendazole + tebuconazole + imazalil, 80 + 60 + 60 g/l)			
4	«ТМТД», ВСК (тирам, 400 г/л) TMTD, Water SC (thiram, 400 g/l)			
5	«Депозит Суприм», МЭ (флудиоксонил + имазалил + мефеноксам, 40 + 40 + 15 г/л) Deposit Supreme, ME (fludioxonil + imazalil + mefenoxam, 40 + 40 + 15 g/l)			
6	«Максим», КС (флудиоксонил, 25 г/лг/л) Maxim, SC (fludioxonil, 25 g/l)			

Рис. 2. Влияние на гриб *D. helianthi* препаратов различных концентрациях при культивировании на 2% КГА на 21-й день

Fig. 2. Effect of preparations at different concentrations on the fungus *D. helianthi* during cultivation on 2% PDA on the 21st day

Subsequently, round cuttings of a 14-day pure culture from the PDA nutrient medium with a diameter of 1 cm were cut out. The cuttings were placed in the center of prepared Petri dishes with a diameter of 90 mm with preparations. A number of controls were used in the experiment – the PDA nutrient medium without the introduction of the preparation.

The dishes were incubated in a thermostat at 25 °C with alternating light and darkness (12 h / 12 h). For the experiment with the species *C. kikuchii*, from the third day onwards, they were illuminated with daylight lamps (1200 lux) for 12 h. The growth and development of the colonies was recorded on the 3rd, 7th, 14th, and 21st days.

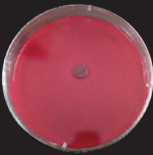
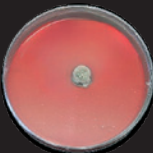
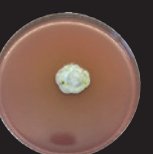
Влияние препаратов на <i>C. kikuchii</i> в различных концентрациях Effect of preparations on <i>D. helianthi</i> at different concentrations				
№ п/п	Патоген Pathogen	100%	10%	1%
1	«Скарлет», МЭ (имазалил + тебуконазол, 100 + 60 г/л) Scarlet, ME (imazalil + tebuconazole, 100 + 60 g/l)			
2	«Пионер», КС (флутриафол + тиабендазол, 25 + 25 г/л) Pioneer, SC (flutriafol + thiabendazole, 25 + 25 g/l)			
3	«Клад», КС (тиабендазол + тебуконазол + имазалил, 80 + 60 + 60 г/л) Klad, SC (thiabendazole + tebuconazole + imazalil, 80 + 60 + 60 g/l)			
4	«ТМТД», ВСК (тирам, 400 г/л) TMTD, Water SC (thiram, 400 g/l)			
5	«Депозит Суприм», МЭ (флудиоксонил + имазалил + мефеноксам, 40 + 40 + 15 г/л) Deposit Supreme, ME (fludioxonil + imazalil + mefenoxam, 40 + 40 + 15 g/l)			
6	«Максим», КС (флудиоксонил, 25 г/лг/л) Maxim, SC (fludioxonil, 25 g/l)			
7	«Оплот», ВСК (дифеноконазол + тебуконазол, 90 + 45 г/л) Oplot, Water SC (difenoconazole + tebuconazole, 90 + 45 g/l)			
8	«Виталон», КС (тирам + тебуконазол, 400 + 14 г/л) Vitalon, SC (thiram + tebuconazole, 400 + 14 g/l)			

Рис. 3. Влияние на гриб *C. kikuchii* препаратов различных концентраций при культивировании на 2% КГА на 21-й день

Fig. 3. Effect of preparations at different concentrations on the fungus *C. kikuchii* during cultivation on 2% PDA on the 21st day

приготовленных чашек Петри диаметром 90 мм с препаратами. В опыте использовали ряд контролей – питательную среду КГА без внесения препарата.

Чашки инкубировали в термостате при 25 °С с чередованием света и темноты (12 ч / 12 ч). Учет роста и развития колоний проводили на 3, 7, 14, 21-е сутки.

Biological effectiveness was calculated using the formula: $BE = (K - B) / K \times 100$, where BE is the biological effectiveness, %; K is the diameter of the fungal colony in the control, mm; B is the diameter of the fungal colony in the variant, mm (Popov et al., 2003). A biological effectiveness exceeding 95% was considered a positive result for the preparations.

RESULTS AND DISCUSSIONS

As a result of the experiment, the biological effectiveness of 6 preparations against *C. carbonum*, 6 preparations against *D. helianthi* and 10 preparations against *C. kikuchii* with different compositions and concentrations of active substances was assessed.

During the studies, the following preparations demonstrated the greatest efficiency against the *C. carbonum* species: Scarlett, ME; Pioneer, SC; Klad, SC; Deposit Supreme, ME. It was noted that even when the active ingredient was diluted 100 times, the growth of the *C. carbonum* colony was completely inhibited. The biological efficiency of these preparations in all concentrations was high – 100%. The active ingredients thiram and fludioxonil of the preparations TMTD, Water SC and Maxim, SC weakly suppressed the growth and development of the *C. carbonum* species; the growth of the fungal mycelium increased with a decrease in the active ingredient in the nutrient medium. The preparation TMTD, Water SC inhibited the fungal colony only at a concentration of 100%. And the preparation Maxim, SC was ineffective against *C. carbonum*: fungal growth was observed at all concentrations. Visualization of the growth of colonies of the fungus *C. carbonum* on a nutrient medium of 2% PDA on the 21st day with the addition of active ingredients of various concentrations to the medium is shown in Fig. 1.

In relation to the *D. helianthi* species, almost all recommended preparations, such as Scarlett, ME; Pioneer, SC; Klad, SC; Deposit Supreme, ME and TMTD, Water SC, had a suppressive effect on *D. helianthi*, as evidenced by the absence of colony growth on Petri

Биологическую эффективность считали по формуле: $БЭ = (K - B) / K \times 100$, где БЭ – биологическая эффективность, %; K – диаметр колонии гриба в контроле, мм; B – диаметр колонии гриба в варианте, мм (Попов и др., 2003). За положительный результат препаратов принимали биологическую эффективность, превышающую 95%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В результате опыта проведена оценка биологической эффективности 6 препаратов против *C. carbonum*, 6 препаратов против *D. helianthi* и 8 препаратов против *C. kikuchii* с разным составом и концентрацией действующих веществ.

В ходе исследований наибольшую эффективность в отношении вида *C. carbonum* показали препараты: «Скарлет», МЭ; «Пионер», КС; «Клад», КС; «Депозит Суприм», МЭ. Отмечено, что даже при разведении д. в. в 100 раз рост колонии *C. carbonum* полностью ингибировался. Биологическая эффективность данных препаратов во всех концентрациях была высокой – 100%. Действующие вещества тирам и флудиоксонил препаратов «ТМТД», ВСК и «Максим», КС слабо подавляли рост и развитие вида *C. carbonum*, рост мицелия гриба увеличивался с уменьшением д. в. в питательной среде. Препарат «ТМТД», ВСК ингибировал колонию гриба только в концентрации 100%. А препарат «Максим», КС оказался неэффективным в отношении *C. carbonum*: при всех концентрациях наблюдался рост гриба. Визуализация роста колоний гриба *C. carbonum* на питательной среде 2% КГА на 21-й день с добавлением в среду д. в. различной концентрации приведена на рис. 1.

В отношении вида *D. helianthi* практически все рекомендованные препараты, такие как «Скарлет», МЭ; «Пионер», КС; «Клад», КС; «Депозит Суприм», МЭ и «ТМТД», ВСК, оказывали подавляющее действие на фомопсис, о чем свидетельствует отсутствие роста колоний на чашках Петри. Биологическая эффективность данных препаратов составила 100%. Только препарат «Максим», КС с д. в. «флудиоксонил» (25 г/л) в концентрации 1% не подавлял рост патогена. Визуализация роста колоний гриба *D. helianthi* на питательной среде 2% КГА на 21-й день с добавлением в среду д. в. различной концентрации приведена на рис. 2.

В оценке эффективности препаратов против *C. kikuchii* также были получены положительные результаты. Все зарегистрированные и рекомендованные препараты на сое: «Скарлет», МЭ в концентрации 100 и 10%, «Депозит Суприм», МЭ в концентрации 100 и 10%, «Виталон», КС в концентрации 100 и 10% и «Оплот», ВСК в концентрации 100% – продемонстрировали высокую эффективность в борьбе против патогена. Также стоит отметить эффективность препаратов против пурпурного церкоспороза, которые рекомендованы для протравливания семян

дисков. Биологическая эффективность этих препаратов была 100%. Только препарат Maxim, SC с активным ингредиентом «флудиоксонил» (25 г/л) в концентрации 1% не подавлял рост патогена. Визуализация роста колоний гриба *D. helianthi* на питательной среде 2% КГА на 21-й день с добавлением активного ингредиента в различных концентрациях к среде показано на рис. 2.

Положительные результаты были также получены при оценке эффективности препаратов против *C. kikuchii*. Все зарегистрированные и рекомендованные препараты на сое: «Скарлет», МЭ в концентрации 100 и 10%, «Депозит Суприм», МЭ в концентрации 100 и 10%, «Виталон», КС в концентрации 100 и 10% и «Оплот», ВСК в концентрации 100% – продемонстрировали высокую эффективность в контроле патогена. Также стоит отметить эффективность препаратов против пурпурного церкоспороза, которые рекомендованы для протравливания семян

Визуализация роста колоний гриба *C. kikuchii* на питательной среде 2% КГА на 21-й день с добавлением активного ингредиента в различных концентрациях к среде показано на рис. 3.

Визуализация роста колоний грибов *C. kikuchii*, *C. carbonum* и *D. helianthi* на питательной среде 2% КГА на 21-й день без введения препаратов показано на рис. 4.

Итоговые расчеты роста колоний грибов *C. carbonum*, *D. helianthi* и *C. kikuchii* на питательной среде 2% КГА на 21-й день с добавлением активного ингредиента в различных концентрациях к среде, а также контрольные без введения препаратов и расчеты биологической эффективности даны в таблице 2.

CONCLUSION

As a result of the conducted study, it was established that the highest biological efficiency against



Рис. 4. Рост контролей *C. kikuchii*, *C. carbonum* и *D. helianthi* при культивировании на 2% КГА на 21-й день

Fig. 4. Growth of *C. kikuchii*, *C. carbonum* and *D. helianthi* controls when cultured on 2% PDA on day 21

Табл. 2. Учет роста колоний грибов на питательной среде КГА на 21-й день с д. в. различной концентрации

Table 2. Calculating for the growth of fungal colonies on the PDA nutrient medium on day 21 with active ingredients of different concentrations

№ п/п	Фунгицид, препаративная форма	Fungicide preparation, formulation	Концент-рация д. в., % Active ingredients concentration of, %	<i>C. kikuchii</i>		<i>D. helianthi</i>		<i>C. carbonum</i>	
				Диаметр колонии, см Colony diameter, cm	БЭ,% BE,%	Диаметр колонии, см Colony diameter, cm	БЭ,% BE,%	Диаметр колонии, см Colony diameter, cm	БЭ,% BE,%
1	«Скарлет», МЭ имазалил + тебуконазол (100 + 60 г/л)	Scarlet, ME imazalil + tebuconazole (100 + 60 g/l)	100	0	100	0	100	0	100
			10	0,2 ± 0,2	96,3	0	100	0	100
			1	1,7 ± 0,2	73,2	0	100	0	100
2	«Пионер», КС флутриафол + тиабендазол, 25 + 25 г/л	Pioneer, SC flutriafol + thiabendazole, 25 + 25 g/l	100	0,8	100	0	100	0	100
			10	0,7 ± 0,1	88,6	0	100	0	100
			1	1,2 ± 0,1	81,5	0	100	0	100
3	«Клад», КС тиабендазол + тебуконазол + имазалил, 80 + 60 + 60, г/л	Klad, SC thiabendazole + tebuconazole + imazalil, 80 + 60 + 60, g/l	100	0	100	0	100	0	100
			10	0,5 ± 0,1	92,9	0	100	0	100
			1	1,4 ± 0,1	78,8	0	100	0	100
4	«ТМТД», ВСК тирам, 400 г/л	TMTD, Water SC thiram, 400 g/l	100	0	100	0	100	0	83
			10	0,2	97,5	0	100	2,4 ± 0,9	73
			1	0,5	92	0	100	2,4 ± 0,1	81
5	«Депозит Суприм», МЭ флудиоксонил + имазалил + мепеноксам, 40 + 40 + 15 г/л	Deposit Supreme, ME fludioxonil + imazalil + mepenoxam, 40 + 40 + 15 g/l	100	0	100	0	100	0	100
			10	0,2	95,7	0	100	0	100
			1	0,6 ± 0,1	90,8	0	100	0	100
6	«Максим», КС флудиоксонил, 25 г/л	Maxim, SC fludioxonil, 25 g/l	100	0,5 ± 0,2	92	0	100	1,9 ± 1,3	79
			10	1,4 ± 0,2	79,1	0	100	5,3 ± 1,0	42
			1	1,7 ± 0,1	74,5	2,8 ± 1,7	69,1	5,3 ± 1,8	41
7	«Оплот», ВСК дифеноконазол + тебуконазол 90 + 45 г/л	Oplot, Water SC difenoconazole + tebuconazole 90 + 45 g/l	100	0,1 ± 0,1	97,8	-	-	-	-
			10	0,4 ± 0,1	93,1	-	-	-	-
			1	0,5 ± 0,1	92,6	-	-	-	-
8	«Виталон», КС тирам + тебуконазол (400 + 14 г/л)	Vitalon, SC Thiram + Tebuconazole (400 + 14 g/l)	100	0	99,7	-	-	-	-
			10	0,3 ± 0,1	95,4	-	-	-	-
			1	0,8	93,5	-	-	-	-
9	«Контроль»	Control	-	7,3 ± 0,1	-	9	-	9	-

на других культурах: «Пионер», КС и «Клад», КС, кроме препарата «Максим», КС. Следует отметить, что концентрация препаратов в 1% против *C. kikuchii* не показала своей эффективности ни в одном из случаев по сравнению с другими карантинными объектами.

Визуализация роста колоний гриба *C. kikuchii* на питательной среде 2% КГА на 21-й день с добавлением в среду д. в. различной концентрации приведена на рис. 3.

Визуализация роста колоний грибов *C. kikuchii*, *C. carbonum* и *D. helianthi* на питательной среде 2% КГА на 21-й день без внесения препаратов приведена на рис. 4.

Итоговый учет роста колоний грибов *C. carbonum*, *D. helianthi* и *C. kikuchii* на питательной среде 2% КГА на 21-й день с добавлением в среду д. в. различной концентрации, а также контролей без внесения препаратов и расчет биологической эффективности приведен в табл. 2.

C. carbonum and *D. helianthi* was demonstrated by: Scarlet, ME; Pioneer, SC; Klad, SC; Deposit Supreme, ME, as well as TMTD, Water SC for *D. helianthi*.

All recommended preparations for soybeans: Scarlet, ME; Deposit Supreme, ME; Vitalon, SC in concentrations of 100 and 10% and Oplot, Water SC in a concentration of 100% – showed high efficiency against *C. kikuchii*. Preparations Pioneer, SC and Klad, SC, with the exception of Maxim, SC, when applied in all variants the biological efficiency was less than 95%, also showed positive results in a concentration of 100%.

Thus, at the first stage of work in laboratory conditions, the most effective fungicides with different active substances that completely inhibit the development of

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования установлено, что наиболее высокую биологическую эффективность против *C. carbonum* и *D. helianthi* показали: «Скарлет», МЭ; «Пионер», КС; «Клад», КС; «Депозит Суприм», МЭ, а также «ТМТД», ВСК для *D. helianthi*.

Все рекомендованные препараты на сое: «Скарлет», МЭ; «Депозит Суприм», МЭ; «Виталон», КС в концентрациях 100 и 10% и «Оплот», ВСК в концентрации 100% – показали высокую эффективность против *C. kikuchii*. Препараты «Пионер», КС и «Клад», КС, за исключением «Максим», КС, при внесении которого во всех вариантах биологическая эффективность была меньше 95%, также показали положительные результаты в концентрации 100%.

Таким образом, на первом этапе работы в лабораторных условиях определены наиболее эффективные фунгициды с разными действующими веществами, которые полностью ингибируют развитие колоний патогенов. В дальнейшем планируется проведение опытов с определенными фунгицидами на зараженном семенном материале кукурузы, подсолнечника и сои.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азбукина З.М. Возбудители болезней сельскохозяйственных растений Дальнего Востока / З.М. Азбукина. – М.: Наука, 1980. – 371 с.
2. Буга С.Ф. Теоретические и практические основы химической защиты зерновых культур от болезней в Беларуси // Несвиж: Несвиж. укрупн. тип. им. С. Будного. – 2013. – С. 37.
3. Зинченко В.А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность. – М.: КолосС, 2012. – 247 с.
4. Положиева Ю.В., Дубовицкая Л.К., Семенова Е.А. и др. Морфология возбудителя пурпурного церкоспороза сои и пути снижения его вредности // Защита и карантин растений. – 2015. – № 8. – С. 47–49.
5. Попов С.Я., Дорожкина Л. А., Калинин В. А. Основы химической защиты растений //М.: Арт-Лин. – 2003. – 208 с.
6. Сметник А.И. и др. Семена подсолнечника как форма сохранения инфекции фомопсиса // Защита и карантин растений. – 1998. – №. 1. – С. 35–36.
7. Тютюрев С.Л. Механизмы действия фунгицидов на фитопатогенные грибы / С.Л. Тютюрев. – СПб.: Нива, 2010. – 172 с.
8. Тютюрев С.Л. Обработка фунгицидами и другими средствами оптимизации жизни растений / С.Л. Тютюрев. – СПб., 2006. – 248 с.
9. Свидунувич Н.Л., Жуковский А.Г. Эффективность протравителей в защите кукурузы от болезней // Земледелие и растениеводство. – 2022. – № 1. – С. 38–42.
10. Хилевский В.А. Фитозащита и протравливание семян озимой пшеницы в Ростовской области // Наука и образование. – 2015. – С. 102–107.
11. El-Shafey R.A.S. et al. Incidence and molecular identification of *Cochliobolus carbonum* as causal organism of rice seedling blight // Beni-Suef University journal of basic and applied sciences. – 2018. – Т. 7. – №. 4. – С. 652–662.

pathogen colonies were determined. In the future, it is planned to conduct experiments with certain fungicides on infected seed material of corn, sunflower and soybeans.

REFERENCES

1. Azbukina Z.M. Pathogens of agricultural plants in the Far East [Vozbuditeli bolezney selskokhozyaystvennykh rasteniy Dalnego Vostoka] / Z.M. Azbukina. – M.: Nauka, 1980. – 371 p. (In Russ.)
2. Buga S.F. Theoretical and practical foundations of chemical protection of grain crops from diseases in Belarus [Teoreticheskiye i prakticheskiye osnovy khimicheskoy zashchity zernovykh kultur ot bolezney v Belarusi] // Nesvizh: Nesvizh. enlarged. type. named after S. Budny. 2013; 37. (In Russ.)
3. Zinchenko V.A. Chemical plant protection: means, technology and environmental safety [Khimicheskaya zashchita rasteniy: sredstva, tekhnologiya i ekologicheskaya bezopasnost]. – M.: KolosS, 2012. – 247 p. (In Russ.)
4. Polozhieva Yu.V., Dubovitskaya L.K., Semenova E.A. et al. Morphology of soybeans purple cercosporosis pathogen and ways to reduce its harmfulness [Morfologiya vozbuditelya purpurnogo tserkosporoza soi i puti snizheniya yego vreditel'nosti] // Plant Health and Quarantine. – 2015; 8: 47–49. (In Russ.)
5. Popov S.Ya., Dorozhkina L.A., Kalinin V.A. Fundamentals of chemical plant protection [Osnovy khimicheskoy zashchity rasteniy] //M.: Art-Lion. – 2003. – 208 p. (In Russ.)
6. Smetnik A.I. et al. The sunflower seeds as the source of preservation and spreading of Phomopsis [Semena podsolnechnika kak forma sokhraneniya infektsii fomopsis] // Plant Health and Quarantine. 1998; 1: 35–36. (In Russ.)
7. Tyuterev S.L. Mechanisms of action of fungicides on phytopathogenic fungi [Mekhanizmy deystviya fungitsidov na fitopatogennyye griby] / S.L. Tyuterev. – St. Petersburg: Niva, 2010. – 172 p. (In Russ.)
8. Tyuterev S.L. Treatment with fungicides and other means of optimizing plant life [Obrabotka fungitsidami i drugimi sredstvami optimizatsii zhizni rasteni] / S.L. Tyuterev. – St. Petersburg, 2006. – 248 p. (In Russ.)
9. Svidunovich N.L., Zhukovsky A.G. Efficiency of seed dressings in protecting corn from diseases [Effektivnost protравiteley v zashchite kukuruzy ot bolezney] // Agriculture and plant growing. 2022; 1: 38–42. (In Russ.)
10. Khilevsky V.A. Phytoexpertise and seed treatment of winter wheat in the Rostov Oblast [Fitoekspertiza i protравlivaniye semyan ozimoy pshenitsy v Rostovskoy oblasti] // Science and education. 2015; 102–107. (In Russ.)
11. El-Shafey R.A.S. et al. Incidence and molecular identification of *Cochliobolus carbonum* as causal organism of rice seedling blight // Beni-Suef University journal of basic and applied sciences. – 2018; 7(4): 652–662.

12. Hooker A.L. Reaction of corn inbreds to Helminthosporium leaf spot in the greenhouse //Plant Dis. Repr. – 1974. – Т. 58. – С. 399–400.

13. Mathew F.M. et al. Phomopsis stem canker: A reemerging threat to sunflower (Helianthus annuus) in the United States //Phytopathology. – 2015. – Т. 105. – №. 7. – С. 990–997.

14. McLean K.S., Roy K.W. Purple seed stain of soybean caused by isolates of Cercospora kikuchii from weeds //Canadian Journal of Plant Pathology. – 1988. – Т. 10. – №. 2. – С. 166–171.

15. Santos F. M. et al. Integrating a Bacillus-based product with fungicides by foliar application to protect soybean: a sustainable approach to avoid exclusive use of chemicals //Pest Management Science. – 2022. – Т. 78. – №. 11. – С. 4832–4840.

16. Грейнрус. Самые перспективные сельскохозяйственные культуры в 2023 году: [Электронный ресурс]. URL: <https://grainrus.com/novosti-kompanii/articles/samye-perspektivnye-selskokhozyaystvennye-kultury-v-2023-godu/>.

17. Пестициды.ru [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.pesticide.ru>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кузнецова Анна Александровна, старший научный сотрудник научно-методического отдела микологии и гельминтологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; ORCID 0000-0001-8443-2641, e-mail: kyyznec@bk.ru

Сурина Татьяна Александровна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник научно-методического отдела микологии и гельминтологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; ORCID 0000-0002-0463-5762, e-mail: t.a.surina@yandex.ru

Костин Никита Константинович, младший научный сотрудник научно-методического отдела микологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; аспирант ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия; ORCID 0009-0003-8066-075, e-mail: kostinwork1@gmail.com

12. Hooker A.L. Reaction of corn inbreds to Helminthosporium leaf spot in the greenhouse //Plant Dis. Repr. – 1974; 58: 399–400.

13. Mathew F.M. et al. Phomopsis stem canker: A reemerging threat to sunflower (Helianthus annuus) in the United States //Phytopathology. 2015; 105(7): 990–997.

14. McLean K.S., Roy K.W. Purple seed stain of soybean caused by isolates of Cercospora kikuchii from weeds //Canadian Journal of Plant Pathology. 1988; 10(2): 166–171.

15. Santos F. M. et al. Integrating a Bacillus-based product with fungicides by foliar application to protect soybean: a sustainable approach to avoid exclusive use of chemicals //Pest Management Science. 2022; 78(11): 4832–4840.

16. Grainrus. The most promising agricultural crops in 2023: [Electronic resource].URL: <https://grainrus.com/novosti-kompanii/articles/samye-perspektivnye-selskokhozyaystvennye-kultury-v-2023-godu/>.

17. Pesticides.ru [Electronic resource]. – URL: <https://www.pesticide.ru>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anna Kuznetsova, Senior Researcher, Mycology and Helminthology Research and Methodology Department, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; ORCID 0000-0001-8443-2641, e-mail: kyyznec@bk.ru

Tatiana Surina, PhD in Biology, Leading Researcher, Mycology and Helminthology Research and Methodology Department, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; ORCID 0000-0002-0463-5762, e-mail: t.a.surina@yandex.ru

Nikita Kostin, Junior Researcher, Mycology and Helminthology Research and Methodology Department, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; Post-Graduate Student at Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia; ORCID 0009-0003-8066-075, e-mail: kostinwork1@gmail.com

Оценка применимости ПЦР-теста в режиме «реального времени» для идентификации возбудителя желтого слизистого бактериоза пшеницы *Rathayibacter tritici*

* ОБОЛЕНСКИЙ Р.Р.¹, СЛОВАРЕВА О.Ю.², ДОРОФЕЕВА Л.В.³

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

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева), г. Москва, Россия, 127434

² ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН), г. Москва, Россия, 117198

³ ФИЦ «Пущинский научный центр биологических исследований РАН» (Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина РАН), Пущино, Россия, 142290

¹ ORCID 0009-0001-5462-4199,
e-mail: 7812romalist@mail.ru

² ORCID 0000-0001-6022-5955,
e-mail: slovareva.olga@gmail.com

³ ORCID 0000-0002-9486-3389,
e-mail: dekabr28@rambler.ru

АННОТАЦИЯ

Возбудитель желтого слизистого бактериоза пшеницы *Rathayibacter tritici* (Carlson & Vidaver) Zgurskaya et al. входит в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза. Быстрая идентификация возбудителя является важным элементом в сфере карантина растений. Метод ПЦР в режиме «реального времени» (ПЦР-РВ) наиболее оптимален при проведении лабораторной диагностики. В настоящий момент существует только два теста ПЦР-РВ для идентификации *Rathayibacter tritici*, разработанные Postnikova et al., 2017. Тесты предназначены для идентификации *Rathayibacter tritici* в чистых бактериальных культурах. Сведения о значениях основных параметров применимости теста ПЦР-РВ – аналитической специфичности, включая эксклюзивность и инклюзивность, и аналитической чувствительности, – а также об испытаниях теста для обнаружения патогена в растительных образцах в оригинальной статье отсутствуют. Целью настоящей работы являлась оценка применимости ранее известных тестов ПЦР-РВ для идентификации *R. tritici*. Материалами исследований являлись штаммы *R. tritici*, а также 26 штаммов

Evaluation of the real-time PCR applicability for the identification of bacterial ear rot of wheat *Rathayibacter tritici*

* ROMAN R. OBOLENSKY¹, OLGA YU. SLOVAREVA², LIUBOV V. DOROFEEVA³

^{1, 2} Federal State Budgetary Institution “All-Russian Plant Quarantine Center” (FGBU “VNIIEKR”), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150

¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia, 127434

² Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Patrice Lumumba Peoples’ Friendship University of Russia” (RUDN University), Moscow, Russia, 117198

³ Federal Research Center “Pushchino Scientific Center for Biological Research of the Russian Academy of Sciences” (G.K. Scriabin Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms of the Russian Academy of Sciences), Pushchino, Russia, 142290

¹ ORCID 0009-0001-5462-4199,
e-mail: 7812romalist@mail.ru

² ORCID 0000-0001-6022-5955,
e-mail: slovareva.olga@gmail.com

³ ORCID 0000-0002-9486-3389,
e-mail: dekabr28@rambler.ru

ABSTRACT

Bacterial ear rot of wheat *Rathayibacter tritici* (Carlson & Vidaver) Zgurskaya et al. is included in the Common List of Quarantine Pests of the Eurasian Economic Union. Rapid identification of the pathogen is an important element in the field of plant quarantine. The “real time” PCR method (real-time PCR) is the most optimal for laboratory diagnosis. Currently, there are only two real-time PCR tests for identification of *Rathayibacter tritici* developed by Postnikova et al., 2017. The tests are designed to identify *Rathayibacter tritici* in pure bacterial cultures. The original article does not contain information on the values of the main parameters of the real-time PCR test applicability – analytical specificity, including exclusivity and inclusivity, and analytical sensitivity, as well as on testing the test for detecting the pathogen in plant samples. The aim of

бактерий рода *Rathayibacter*, включая все существующие виды внутри указанного рода. В результате оценки применимости тестов ПЦР-РВ для идентификации возбудителя желтого слизистого бактериоза пшеницы *Rathayibacter tritici* было установлено, что значение инклюзивности – способности теста идентифицировать все многообразие штаммов бактерии внутри вида – для исследуемых тестов составляет 83,3%. Использование указанных тестов позволило идентифицировать 5 из 6 штаммов целевого объекта – *Rathayibacter tritici*. Значение эксклюзивности – способности теста отличать целевые штаммы от нецелевых – составило 100% для обоих тестов. Тесты ПЦР-РВ, разработанные Postnikova et al., 2017, несмотря на их высокую эксклюзивность (100%), неприменимы для фитосанитарной диагностики, поскольку в случае их применения достаточно высоким является риск ложноотрицательных результатов и, как следствие, проникновения карантинного фитопатогена на новые территории.

Ключевые слова. Бактериозы зерновых культур, фитосанитария, молекулярно-генетические методы, ПЦР-РВ, диагностика болезней растений, идентификация фитопатогенов.

ВВЕДЕНИЕ



елтый слизистый бактериоз пшеницы, вызываемый фитопатогенной бактерией *Rathayibacter tritici* (Carlson & Vidaver) Zgurskaya et al., способен поражать такие растения, как пшеница мягкая (*Triticum aestivum* L.), ячмень (*Hordeum* L.) и канареечник малый (*Phalaris minor* Retz.) (Gupta, Swarup, 1972; Paruthi et al., 1987; Postnikova et al., 2017; Park et al., 2017; Murray et al., 2017; Starodumova et al., 2024). Основным источником заражения возбудителем желтого слизистого бактериоза является повреждение растений-хозяев нематодами *Anguina tritici* (Sabet, 1954). В случае частичного развития болезни, может наблюдаться потеря урожайности зерна до 70%, а при полном поражении колосьев семена не образуются (Paruthi et al., 1987).

Патоген входит в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза (Решение... № 158). Подкарантинной продукцией, к которой предъявляются специальные карантинные фитосанитарные требования по ее происхождению из зон, свободных от *R. tritici*, являются семена пшеницы и тритикале (Решение... № 157). Кроме того, бактерия является карантинным объектом для Туниса, Грузии, Бангладеша, Узбекистана и Молдовы (Словарева, 2023; Обновленные фитосанитарные требования Бангладеша 2015 г.; Перечень вредных организмов карантинного значения для Республики Узбекистан; Перечень вредных организмов, ввоз и распространение которых в Республике Молдова запрещен).

Клетки *R. tritici* представляют собой грамположительные, неподвижные, аэробные, прямые или слегка изогнутые палочки, размер которых

this work was to assess the applicability of previously known real-time PCR tests for the identification of *R. tritici*. The study materials were *R. tritici* strains, as well as 26 strains of bacteria of the genus *Rathayibacter*, including all existing species within this genus. As a result of assessing the applicability of real-time PCR tests for the identification of the causative agent of bacterial ear rot of wheat *Rathayibacter tritici*, it was found that the inclusivity value – the ability of the test to identify the entire diversity of bacterial strains within a species – for the studied tests is 83.3%. The use of these tests allowed us to identify 5 out of 6 strains of the target object – *Rathayibacter tritici*. The exclusivity value – the ability of the test to distinguish target strains from non-target ones – was 100% for both tests. The real-time PCR tests developed by Postnikova et al., 2017, despite their high exclusivity (100%), are not applicable for phytosanitary diagnosis, since in the case of their use the risk of false negative results and, as a consequence, the introduction of the quarantine pest into new territories is quite high.

Key words. Bacteriosis of grain crops, phytosanitary, molecular genetic methods, real time PCR, plant disease diagnosis, phytopathogens identification.

INTRODUCTION

Bacterial ear rot of wheat caused by *Rathayibacter tritici* (Carlson & Vidaver) Zgurskaya et al., can affect such plants as wheat (*Triticum aestivum* L.), barley (*Hordeum* L.) and little seed canary grass (*Phalaris minor* Retz.) (Gupta, Swarup, 1972; Paruthi et al., 1987; Postnikova et al., 2017; Park et al., 2017; Murray et al., 2017; Starodumova et al., 2024). The main infection source of bacterial ear rot of wheat is damage to host plants by nematodes *Anguina tritici* (Sabet, 1954). In case of partial development of the disease, a loss of grain yield of up to 70% can be observed, and if the ears are completely affected, seeds are not formed (Paruthi et al., 1987).

The pathogen is included in the Common List of Quarantine Pests of the Eurasian Economic Union (Decision... No. 158). Regulated articles to which special quarantine phytosanitary requirements are imposed on their origin from areas free from *R. tritici* are wheat and triticale seeds (Decision... No. 157). In addition, the bacterium is a quarantine pest for Tunisia, Georgia, Bangladesh, Uzbekistan and Moldova (Slovareva, 2023; Updated phytosanitary requirements of Bangladesh 2015; List of quarantine pests for the Republic of Uzbekistan; List of pests, the import and distribution of which is prohibited in the Republic of Moldova).

R. tritici cells are gram-positive, non-motile, aerobic, straight or slightly curved rods measuring 1.1–1.6 µm long and 0.5–0.6 µm wide (Zgurskaya et al., 1993; Park et al., 2017; Shashkov et al., 2020).

On general-purpose solid nutrient media such as nutrient broth-yeast extract (NBY) (Postnikova

составляет 1,1–1,6 мкм в длину и 0,5–0,6 мкм в ширину (Zgurskaya et al., 1993; Park et al., 2017; Шашков и др., 2020).

На твердых питательных средах общего назначения, таких как питательный бульон-дрожжевой экстракт (NBY) (Postnikova et al., 2017), дрожжевой пептонно-глюкозный агар (YPGA) (EPPO PM 7/60 (2), 2016), R2A (Reasoner, Geldreich, 1985) и др., *R. tritici* образует ярко-желтые круглые колонии, непрозрачные на большинстве сред (см. рис. 1).

Высота профиля, форма края и размер колоний могут отличаться в зависимости от используемой среды (Postnikova et al., 2017; Park et al., 2017; Muvingi et al., 2020; Оболенский, Словарева, 2024). Zgurskaya с соавт. в результате изучения *R. tritici* приводят подробное описание его биохимических характеристик и их отличий от характеристик близкородственных видов (Zgurskaya et al., 1993). Идентификация данного возбудителя среди других бактерий классическими микробиологическими методами возможна, но необходимый в данном случае этап изоляции чистой культуры занимает достаточно длительное время – от 4 до 20 суток (Gupta, Swarup, 1972; Postnikova et al., 2017). Кроме того, ошибка в результатах идентификации карантинных патогенов недопустима, поскольку влечет за собой ограничения торговли и другие последствия. В этой связи положительный результат идентификации *R. tritici* требует подтверждения другими методами, основанными на различных биологических принципах.

Молекулярно-генетические методы позволяют более надежно, по сравнению с классическими, идентифицировать фитопатогенные бактерии (Приходько и др., 2021; Тараканов и др., 2024). Среди молекулярно-генетических диагностических методов наиболее универсальным, а потому широко применимым в испытательных фитосанитарных лабораториях является метод ПЦР в режиме «реального времени» (ПЦР-РВ) (Ignatyeva et al.,

et al., 2017), yeast peptone glucose agar (YPGA) (EPPO PM 7/60 (2), 2016), R2A (Reasoner, Geldreich, 1985), etc., *R. tritici* forms bright yellow round colonies that are opaque on most media (see Fig. 1).

The profile height, edge shape and colony size may vary depending on the medium used (Postnikova et al., 2017; Park et al., 2017; Muvingi et al., 2020; Obolensky, Slovareva, 2024). Zgurskaya et al. (1993), as a result of studying *R. tritici*, provide a detailed description of its biochemical characteristics and their differences from the characteristics of closely related species. Identification of this pathogen among other bacteria by classical microbiological methods is possible, but the required stage of pure culture isolation takes quite a long time – from 4 to 20 days (Gupta, Swarup, 1972; Postnikova et al., 2017). In addition, an error in quarantine pathogens identification is unacceptable, since it entails trade restrictions and other consequences. In this regard, a positive result of *R. tritici* identification requires confirmation by other methods based on different biological principles.

Molecular genetic methods allow more reliable identification of phytopathogenic bacteria compared to classical methods (Prikhodko et al., 2021; Tarakanov et al., 2024). Among the molecular genetic diagnostic methods, the most universal and therefore widely applicable in phytosanitary testing laboratories is the real-time PCR method (Ignatyeva et al., 2021; Domoratskaya et al., 2024). Species-specific real-time PCR tests make it possible to quickly and accurately identify the causative agent of the disease (Karabay, Ignatyeva, 2024). When introducing a test into diagnostic practice, an assessment of its applicability is required, within the framework of which the key test parameters are established (EPPO PM 7/76 (5), 2018). These parameters are analytical specificity (AS), which shows the ability of the test to reliably distinguish the target organism from non-target ones, and analytical sensitivity (ASen), which reflects the minimum detectable content of the target in the tested DNA sample

(EPPO PM 7/98 (3), 2018; Slovareva, Kornev, 2020; Beloshapkina, Pisareva, 2024). Additionally, two indicators characterizing AS were introduced – inclusivity, or the ability of the test to identify the entire diversity of bacterial strains within a species, and exclusivity, or the ability of the test to distinguish target strains from non-target ones (EPPO PM 7/98 (3), 2018).

Two real-time PCR tests have been developed for the identification of *R. tritici*: BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 and BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 (Postnikova et al., 2017). The tests are designed to identify *R. tritici* in pure bacterial cultures. There is no information on the AS and ASen values, as well as on trying out the test for detecting the

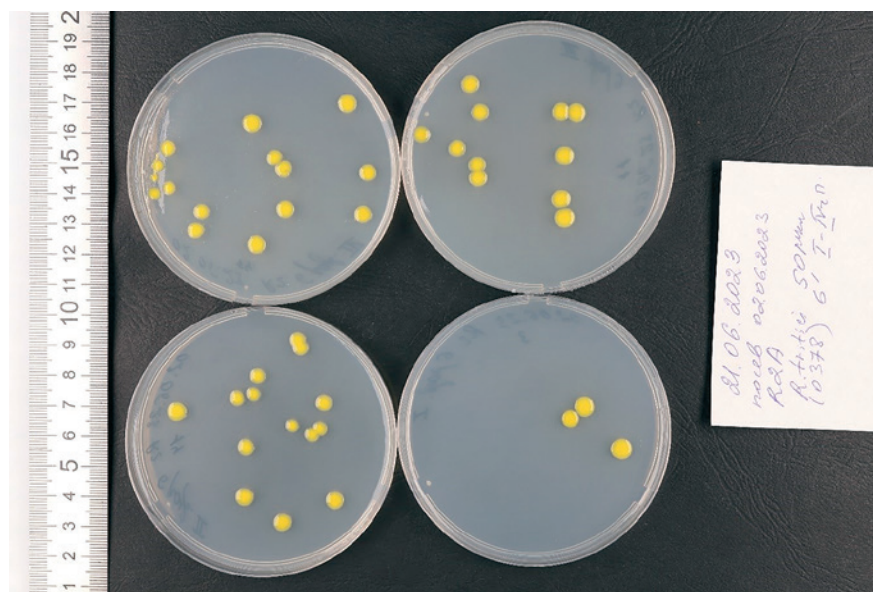


Рис. 1. Колонии *Rathayibacter tritici* на среде R2A спустя 19 суток инкубирования при температуре 25 °C (фото Р. Р. Оболенского)

Fig. 1. *Rathayibacter tritici* colonies on R2A medium after 19 days of incubation at 25 °C (photo by R. R. Obolensky)

Табл. 1. Штаммы *Rathayibacter tritici*, используемые в работе

Table 1. *Rathayibacter tritici* strains used in the work

№ п/п	Номер штамма Strain number	Номер штамма в других коллекциях Strain number in other collections	Источник, страна Source, country
1	VNIIKR-B-0837 ^T	BKM Ac-1603 ^T VKM Ac-1603 ^T ; ATCC 11403; CCUG 23914; CIP 104038; DSM 7486; ICMP 2626; JCM 9309; LMG 3728; NCPPB 1857; CFBP 1385	<i>Triticum aestivum</i> L., Египет <i>Triticum aestivum</i> L., Egypt
2	VNIIKR-B-1014	BKM Ac-2585 VKM Ac-2585; ICMP 2623; ICPB CT103	<i>Triticum aestivum</i> L., Индия <i>Triticum aestivum</i> L., India
3	VNIIKR-B-1015	BKM Ac-2586 VKM Ac-2586; ICMP 2624; ICPB CT106; NCTC 6255	<i>Triticum aestivum</i> L., Египет <i>Triticum aestivum</i> L., Egypt
4	VNIIKR-B-1016	BKM Ac-2587 VKM Ac-2587; ICMP 2625; ATCC 11402	<i>Triticum aestivum</i> L., Индия <i>Triticum aestivum</i> L., India
5	VNIIKR-B-1017	BKM Ac-2588 VKM Ac-2588; ICMP 2627; NCPPB 471	<i>Triticum aestivum</i> L., Индия <i>Triticum aestivum</i> L., India
6	VNIIKR-B-1018	BKM Ac-2589 VKM Ac-2589; ICMP 2628	<i>Triticum aestivum</i> L., Иран <i>Triticum aestivum</i> L., Iran

Примечание: VNIIKR – Исследовательская коллекция научно-методического отдела ФГБУ «ВНИИКР» (Россия), BKM – Всероссийская коллекция микроорганизмов (Россия), ATCC – American Type Culture Collection (США), CCUG – Culture Collection, University of Göteborg (Швеция), CIP – Collection de l’Institut Pasteur (Франция), DSM – Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen (Германия), ICMP-PDDCC – Culture Collection of Plant Diseases Division (Новая Зеландия), JCM – Acronym used by the Microbiology section of the College of Biology and Environmental Sciences (Китай), BCCM-LMG – Collection of the Laboratorium voor Microbiologie en Microbiele Genetica (Бельгия), NCPPB – National Collection of Plant Pathogenic Bacteria (Великобритания), CFBP – Collection Francaise des Bacteries Phytopathogenes (Франция), ICPB – International Collection of Phytopathogenic Bacteria (США), NCTC – National Collection of Type Cultures (Великобритания)

Note: VNIIKR – Research collection of the Research and Methodology Department of FGBU “VNIIKR” (Russia), VKM – All-Russian collection of microorganisms (Russia), ATCC – American Type Culture Collection (USA), CCUG – Culture Collection, University of Göteborg (Sweden), CIP – Collection de l’Institut Pasteur (France), DSMZ – Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen (Germany), ICMP-PDDCC – Culture Collection of Plant Diseases Division (New Zealand), JCM – Acronym used by the Microbiology section of the College of Biology and Environmental Sciences (China), BCCM-LMG – Collection of the Laboratorium voor Microbiologie en Microbiele Genetica (Belgium), NCPPB – National Collection of Plant Pathogenic Bacteria (UK), CFBP – Collection Francaise des Bacteries Phytopathogenes (France), ICPB – International Collection of Phytopathogenic Bacteria (USA), NCTC – National Collection of Type Cultures (UK)

2021; Доморацкая и др., 2024). Видоспецифичные тесты ПЦР-РВ дают возможность быстро и точно идентифицировать возбудителя болезни (Каракай, Игнатьева, 2024). При внедрении теста в диагностическую практику требуется оценка его применимости, в рамках которой устанавливают ключевые параметры теста (EPPO PM 7/76 (5), 2018). Такими параметрами являются аналитическая специфичность (АС), показывающая способность теста достоверно отличать целевой организм от нецелевых, и аналитическая чувствительность (АЧ), отражающая минимальное детектируемое содержание целевой мишени в тестируемом образце ДНК (EPPO PM 7/98 (3), 2018; Словарева, Корнев, 2020; Белошапкина, Писарева, 2024). Дополнительно введены два показателя, характеризующие АС – инклюзивность, или способность теста идентифицировать все многообразие штаммов бактерии внутри вида, и эксклюзивность, или способность теста отличать целевые штаммы от нецелевых (EPPO PM 7/98 (3), 2018).

Для идентификации *R. tritici* разработано два теста ПЦР-РВ: BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 и BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 (Postnikova et al., 2017). Тесты предназначены для идентификации *R. tritici* в чистых бактериальных культурах. Сведения о значениях АС и АЧ, а также об испытаниях теста для обнаружения патогена в растительных образцах отсутствуют, что не позволяет сделать вывод о применимости тестов BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 и BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1.

pathogen in plant samples, which does not allow us to conclude on the applicability of the BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 and BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 tests.

The aim of this work was to evaluate the applicability of the real-time PCR tests BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 and BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 for *R. tritici* identification.

MATERIALS AND METHODS

The research materials were the *R. tritici* strains: VNIIKR-B-0837^T, VNIIKR-B-1014, VNIIKR-B-1015, VNIIKR-B-1016, VNIIKR-B-1017, VNIIKR-B-1018 from the Research Collection of the Research and Methodology Department of FGBU “VNIIKR” (Russia) (see Table 1).

Apart from *R. tritici* strains, 17 bacterial strains belonging to all known species of the genus *Rathayibacter* were used: *R. toxicus*, *R. rathayi*, *R. iranicus*, *R. festucae*, *R. caricis*, *R. oskolensis*, *R. agropyri* и *R. tanacetum* (see Table 2).

The study materials also included bacterial strains identified using molecular genetic, spectrometric and biochemical analyses as representatives of the genus *Rathayibacter* (Slovareva et al., 2024) (see Table 3).

Thus, the study was conducted using 32 strains isolated from plants of the families Poaceae, Fabaceae,

Табл. 2. Штаммы прочих видов бактерий рода *Rathayibacter*, кроме *Rathayibacter tritici*, используемые в работе
Table 2. Strains of other bacteria species of the genus *Rathayibacter*, except *Rathayibacter tritici*, used in the work

№ п/п	Номер штамма Strain number	Название бактерии Bacterium	Номер штамма в других коллекциях Strain number in other collections	Источник, страна Source, country
1	VNIIKR-B-0454	<i>Rathayibacter toxicus</i>	BKM Ac-1600 VKM Ac-1600; ICMP 6309; LMG 7339; PDDCC 6309	<i>Phalaris minor</i> Retz., Австралия <i>Phalaris minor</i> Retz., Australia
2	VNIIKR-B-0451 ^T	<i>Rathayibacter rathayi</i>	BKM Ac-1601 ^T VKM Ac-1601 ^T ; CIP 104036; DSM 7485; ICMP 2574; JCM 9307; LMG 7288; NCPPB 2980	<i>Dactylis glomerata</i> L., Новая Зеландия <i>Dactylis glomerata</i> L., New Zealand
3	VNIIKR-B-0457 ^T	<i>Rathayibacter iranicus</i>	BKM Ac-1602 ^T VKM Ac-1602 ^T ; CCUG 23897; CIP 104037; DSM 7484; ICMP 3496; ICPB CI148; JCM 9308; LMG 3677; NCPPB 2253; CFBP 807	<i>Triticum aestivum</i> L., Иран <i>Triticum aestivum</i> L., Iran
4	VNIIKR-B-0458 ^T	<i>Rathayibacter festucae</i>	BKM Ac-1390 ^T VKM Ac-1390 ^T ; DSM 15932; JCM 13577	<i>Festuca Tourn.</i> ex L., Россия <i>Festuca Tourn.</i> ex L., Russia
5	VNIIKR-B-0455 ^T	<i>Rathayibacter caricis</i>	BKM Ac-1799 ^T VKM Ac-1799 ^T ; DSM 15933; JCM 13576	<i>Carex</i> L., Россия <i>Carex</i> L., Russia
6	VNIIKR-B-0455	<i>Rathayibacter oskolensis</i>	BKM Ac-2121 ^T VKM Ac-2121 ^T ; BCCM/LMG 22542	<i>Androsace villosa</i> subsp. <i>koso-poljanskii</i> (Ovcz.) Fed. <i>Androsace villosa</i> subsp. <i>koso-poljanskii</i> (Ovcz.) Fed.
7	VNIIKR-B-0450	<i>Rathayibacter agropyri</i>	BKM Ac-2828 VKM Ac-2828; DSM 104101; ATCC TSD-78	<i>Elymus smithii</i> (Rydb.) Gould, США (Калифорния) <i>Elymus smithii</i> (Rydb.) Gould, USA (California)
8	VNIIKR-B-0459 ^T	<i>Rathayibacter tanacetum</i>	BKM Ac-2596 ^T VKM Ac-2596 ^T	<i>Tanacetum vulgare</i> L., Россия <i>Tanacetum vulgare</i> L., Russia
9	VNIIKR-B-0452	<i>Rathayibacter "tanacetum"</i>	BKM Ac-2761 VKM Ac-2761	<i>Tanacetum vulgare</i> L., Россия <i>Tanacetum vulgare</i> L., Russia
10	VNIIKR-B-0499	<i>Rathayibacter "acroptylon"</i>	BKM Ac-2630 VKM Ac-2630	<i>Rhaponticum repens</i> (L.) Hidalgo, Узбекистан <i>Rhaponticum repens</i> (L.) Hidalgo, Uzbekistan
11	VNIIKR-B-0461	<i>Rathayibacter festucae</i>	BKM Ac-3063 VKM Ac-3063; 20M31-111	x <i>Triticosecale</i> Wittm. & A.Camus, Россия x <i>Triticosecale</i> Wittm. & A.Camus, Russia
12	VNIIKR-B-0827	<i>Rathayibacter festucae</i>	BKM Ac-3064 VKM Ac-3064; 21K1-3	<i>Hordeum vulgare</i> L., Россия <i>Hordeum vulgare</i> L., Russia
13	VNIIKR-B-0460	<i>Rathayibacter oskolensis</i>	BKM Ac-3061 VKM Ac-3061; 22B16-68	<i>Triticum aestivum</i> L., Россия <i>Triticum aestivum</i> L., Russia
14	VNIIKR-B-0831	<i>Rathayibacter festucae</i>	22C1-338	<i>Hordeum vulgare</i> L., Россия <i>Hordeum vulgare</i> L., Russia
15	VNIIKR-B-0832	<i>Rathayibacter festucae</i>	22C1-357	<i>Hordeum vulgare</i> L., Россия <i>Hordeum vulgare</i> L., Russia
16	VNIIKR-B-0834	<i>Rathayibacter festucae</i>	22C1-370	<i>Hordeum vulgare</i> L., Россия <i>Hordeum vulgare</i> L., Russia
17	VNIIKR-B-0835	<i>Rathayibacter festucae</i>	ВНИИКР (ИЛЦ) 0554 VNIIKR (TLC) 0554	<i>Lathyrus oleraceus</i> Lam., Россия <i>Lathyrus oleraceus</i> Lam., Russia

Примечание: VNIIKR – Исследовательская коллекция научно-методического отдела ФГБУ «ВНИИКР», BKM – Всероссийская коллекция микроорганизмов (Россия), ATCC – American Type Culture Collection (США), CCUG – Culture Collection, University of Göteborg (Швеция), CIP – Collection de l'Institut Pasteur (Франция), DSM – Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen (Германия), ICMP- PDDCC – Culture Collection of Plant Diseases Division (Новая Зеландия), JCM – Acronym used by the Microbiology section of the College of Biology and Environmental Sciences (Китай), BCCM/LMG – Collection of the Laboratorium voor Microbiologie en Microbiele Genetica (Бельгия), NCPPB – National Collection of Plant Pathogenic Bacteria (Великобритания), CFBP – Collection Francaise des Bacteries Phytopathogenes (Франция), ICPB – International Collection of Phytopathogenic Bacteria (США), ВНИИКР (ИЛЦ) – Исследовательская коллекция Испытательного лабораторного центра ФГБУ «ВНИИКР» (Россия)

Note: VNIIKR – Research collection of the Research and Methodology Department of FGBU “VNIIKR” (Russia), VKM – All-Russian collection of microorganisms (Russia), ATCC – American Type Culture Collection (USA), CCUG – Culture Collection, University of Göteborg (Sweden), CIP – Collection de l'Institut Pasteur (France), DSMZ – Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen (Germany), ICMP-PDDCC – Culture Collection of Plant Diseases Division (New Zealand), JCM – Acronym used by the Microbiology section of the College of Biology and Environmental Sciences (China), BCCM-LMG – Collection of the Laboratorium voor Microbiologie en Microbiele Genetica (Belgium), NCPPB – National Collection of Plant Pathogenic Bacteria (UK), CFBP – Collection Francaise des Bacteries Phytopathogenes (France), ICPB – International Collection of Phytopathogenic Bacteria (USA), VNIIKR (TLC) – Research collection of the Testing laboratory center of FGBU “VNIIKR” (Russia)

Табл. 3. Штаммы бактерий рода *Rathayibacter* с неустановленной видовой принадлежностью, используемые в работе
Table 3. Strains of bacteria of the genus *Rathayibacter* with unspecified species affiliation used in the work

№ п/п	Номер штамма Strain number	Название бактерии Bacterium	Номер штамма в других коллекциях Strain number in other collections	Источник, страна
1	VNIIKR-B-0828	<i>Rathayibacter</i> sp.	BKM Ac-3062 VKM Ac-3062; 22B42-16	<i>Triticum aestivum</i> L., Россия <i>Triticum aestivum</i> L., Russia
2	VNIIKR-B-0178	<i>Rathayibacter</i> sp.	BKM Ac-3057 VKM Ac-3057; 22B16-64	<i>Triticum aestivum</i> L., Россия <i>Triticum aestivum</i> L., Russia
3	VNIIKR-B-0181	<i>Rathayibacter</i> sp.	BKM Ac-3056 VKM Ac-3056; 22B16-70	<i>Triticum aestivum</i> L., Россия <i>Triticum aestivum</i> L., Russia
4	VNIIKR-B-0413	<i>Rathayibacter</i> sp.	BKM Ac-3060 VKM Ac-3060; 22B20-115	<i>Triticum aestivum</i> L., Россия <i>Triticum aestivum</i> L., Russia
5	VNIIKR-B-0829	<i>Rathayibacter</i> sp.	BKM Ac-3059 VKM Ac-3059; 22B37-215	<i>Triticum aestivum</i> L., Россия <i>Triticum aestivum</i> L., Russia
6	VNIIKR-B-0830	<i>Rathayibacter</i> sp.	BKM Ac-3058 VKM Ac-3058; 22B28-251	<i>Triticum aestivum</i> L., Россия <i>Triticum aestivum</i> L., Russia
7	VNIIKR-B-0462	<i>Rathayibacter</i> sp.	BKM Ac-3065 VKM Ac-3065; 22C29-452	<i>Triticum durum</i> Desf., Россия <i>Triticum durum</i> Desf., Russia
8	VNIIKR-B-0833	<i>Rathayibacter</i> sp.	22C1-362	<i>Hordeum vulgare</i> L., Россия <i>Hordeum vulgare</i> L., Russia
9	VNIIKR-B-0836	<i>Rathayibacter</i> sp.	ВНИИКР (ИЛЦ) 0591 VNIIKR (TLC) 0591	<i>Glycine max</i> (L.) Merr., Россия <i>Glycine max</i> (L.) Merr., Russia

Примечание: VNIIKR – Исследовательская коллекция научно-методического отдела ФГБУ «ВНИИКР», ВКМ – Всероссийская коллекция микроорганизмов (Россия), ВНИИКР (ИЛЦ) – Исследовательская коллекция Испытательного лабораторного центра ФГБУ «ВНИИКР»

Note: VNIIKR – Research collection of the Research and Methodology Department of FGBU “VNIIKR” (Russia), VKM – All-Russian collection of microorganisms (Russia), VNIIKR (TLC) – Research collection of the Testing laboratory center of FGBU “VNIIKR”

Целью настоящей работы являлась оценка применимости тестов ПЦР-РВ BTRITF1/BTRITR1/ BTRITP1 и BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 для идентификации *R. tritici*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалами исследований являлись штаммы *R. tritici*: VNIIKR-B-0837T, VNIIKR-B-1014, VNIIKR-B-1015, VNIIKR-B-1016, VNIIKR-B-1017, VNIIKR-B-1018 из Исследовательской коллекции научно-методического отдела ФГБУ «ВНИИКР» (Россия) (см. табл. 1).

Кроме штаммов *R. tritici*, использовали 17 штаммов бактерий, принадлежащих всем известным видам рода *Rathayibacter*: *R. toxicus*, *R. rathayi*, *R. iranicus*, *R. festucae*, *R. caricis*, *R. oskolensis*, *R. agropyri* и *R. tanacetum* (см. табл. 2).

Материалами исследования также являлись бактериальные штаммы, идентифицированные с помощью молекулярно-генетического, спектрометрического и биохимического анализов как представители рода *Rathayibacter* (Словарева и др., 2024) (см. табл. 3).

Таким образом, исследование проводили с использованием 32 штаммов, выделенных из растений семейств Poaceae, Fabaceae, Asteraceae и Primulaceae. Из них 6 – *R. tritici*, 17 – представители других видов рода *Rathayibacter* и 9 бактерии рода *Rathayibacter* с неустановленной видовой принадлежностью.

В опытах использовали суспензии чистых бактериальных культур в концентрации 10⁶–10⁷ КОЕ/мл. Культивирование проводили

Asteraceae and Primulaceae. Of these, 6 were *R. tritici*, 17 were representatives of other species of the genus *Rathayibacter* and 9 were bacteria of the genus *Rathayibacter* with an unspecified species affiliation.

In the experiments, suspensions of pure bacterial cultures were used at a concentration of 10⁶–10⁷ CFU/ml. Cultivation was carried out for 48 h at a temperature of 25 °C on agarized R2A medium (Reasoner, Geldreich, 1985), modified by adding 5 g of agar per 1 l of medium (per 1 l of medium: 0.5 g of peptone, 0.5 g of yeast extract, 0.5 g of glucose, 0.5 g of casein hydrolysate, 0.3 g of sodium pyruvate, 0.5 g of starch, 0.3 g of K₂HPO₄, 0.024 g of MgSO₄ × 7H₂O, 23 g of agar).

DNA extraction was performed using the Proba-GS kit (AgroDiagnostica, Russia) in accordance with the manufacturer’s instructions. Each strain was tested in triplicate.

The species identity of each *R. tritici* strain was preliminarily confirmed using classical Rt-5F/Rt-5R PCR (Baek et al., 2018) and subsequent Sanger sequencing.

The oligonucleotide sequences were used according to the source (Postnikova et al., 2017). The region of the oligonucleotide location in NZ_CP015515.1 (*Rathayibacter tritici* strain NCPPB 1953 chromosome, complete genome) was determined using the Ugene software (Unipro UGENE software).

Табл. 4. Состав реакционной смеси и условия амплификации тестов ПЦР-РВ
 Table 4. Composition of the reaction mixture and conditions for amplification of real-time PCR tests

BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1			BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1		
Компонент Component	Рабочая концентрация Working concentration	Количество, мкл Quantity, µl	Компонент Component	Рабочая концентрация Working concentration	Количество, мкл Quantity, µl
Вода Water	–	14,4	Вода Water	–	13,1
5X ПЦР-микс 5X PCR mix	5X	5,0	5X ПЦР-микс 5X PCR mix	5X	5,0
BTRITF1	10 пмоль/мкл 10 pmol/µl	1,9	BTRITF2	10 пмоль/мкл 10 pmol/µl	1,9
BTRITR1	10 пмоль/мкл 10 pmol/µl	0,6	BTRITR2	10 пмоль/мкл 10 pmol/µl	1,9
BTRITP1	5 пмоль/мкл 5 pmol/µl	1,0	BTRITP1	5 пмоль/мкл 5 pmol/µl	1,0
ВПК IPC	–	0,1	ВПК IPC	–	0,1
ДНК DNA	–	2,0	ДНК DNA	–	2,0
Общий объем Total volume	–	25,0	Общий объем Total volume	–	25,0
Режим амплификации Amplification mode					
Температура Temperature	Время Time	Количество циклов Number of cycles			
95 °C	5 мин 5 min	1			
95 °C	15 сек 15 sec	45			
60 °C	40 сек 40 sec				

Примечание: ВПК – внутренний положительный контроль (ООО «НПФ Синтол», Россия);
 5X ПЦР-микс – 5X qPCRMix-HS (ЗАО «Евроген», Россия)
 Note: IPC – internal positive control (Syntol, Russia); 5X PCR mix – 5X qPCRMix-HS (Evrogen, Russia)

Табл. 5. Характеристики использованных олигонуклеотидов
 Table 5. Characteristics of the oligonucleotides

Название олигонуклеотида Oligonucleotide name	Последовательность нуклеотидов, 5'-3' Nucleotide sequence, 5'-3'	Регион Region	Модификация Modification	Длина, п.о. Length, bp	GC-состав, % GC-content, %	Tm, °C
BTRITF1	CGGGCAGGTACGAGTAATGG	Не найден Not found	Нет No	20	60	63
BTRITR1	CCGGCCGTCGTCGAAGGCGAT	557126-557145	Нет No	20	70	67
BTRITF2	AATTTGATCTGTTTGGAAGCTGC	557181-557203	Нет No	23	39	59
BTRITR2	GCCGTCGTCGAAGGCGAT	557129-557145	Нет No	17	65	57
BTRITP1	CGTGACGTGGATAAGTTGATCAGCCTGA	557152-557179	6FAM/BHQ1	28	50	70

Примечание: регион в NZ_CP015515.1 (*Rathayibacter tritici* strain NCPPB 1953 chromosome, complete genome);
 Tm – температура плавления
 Note: region in NZ_CP015515.1 (*Rathayibacter tritici* strain NCPPB 1953 chromosome, complete genome);
 Tm – melting temperature

в течение 48 ч при температуре 25 °C на агаризо-
 ванной среде R2A (Reasoner, Geldreich, 1985), моди-
 фицированной путем добавления 5 г агара на 1 л
 среды (на 1 л среды: 0,5 г пептона, 0,5 г дрожжевого
 экстракта, 0,5 г глюкозы, 0,5 г гидролизата казеина,
 0,3 г пирувата натрия, 0,5 г крахмала, 0,3 г K₂HPO₄,
 0,024 г MgSO₄ x 7H₂O, 23 г агара).
 Выделение ДНК проводили при помощи на-
 бора «Проба-ГС», (ООО «Агродиагностика», Россия)
 в соответствии с инструкцией производителя. Те-
 стирование каждого штамма проводили в трех-
 кратной повторности.
 Видовую принадлежность каждого штамма
R. tritici предварительно подтверждали при помо-
 щи классической ПЦР Rt-5F/Rt-5R (Baek et al., 2018)
 и последующего секвенирования по Сэнгеру.

The original article did not provide information
 on the dyes/ fluorescence extinguishers used, so for
 the 5'-3' ends of the BTRITP1 probe, a standard modi-
 fication of the 6FAM/BHQ1 dyes was used, which is
 most widely available in the Russian Federation (Vo-
 ronov et al., 2024). The gC composition, expressed
 in %, and the melting temperature (Tm) were de-
 termined using the OligoCalc software (Oligo Calc);
 Table 4 shows the Tm parameters adjusted for salt
 concentration. Oligonucleotide synthesis was carried
 out at Evrogen (Russia).

Последовательности олигонуклеотидов использованы в соответствии с источником (Postnikova et al., 2017). Регион расположения олигонуклеотида в NZ_CP015515.1 (*Rathayibacter tritici* strain NCPPB 1953 chromosome, complete genome) определяли, используя программу Ugene (Unipro UGENE software).

В оригинальной статье отсутствовали сведения об использованных красителях/гасителях флуоресценции, поэтому для участков 5'-3'-концов зонда BTRITP1 использовали стандартную модификацию красителей 6FAM/BNQ1, наиболее доступную на территории РФ (Воронов и др., 2024). GC-состав, выраженный в %, и температуру плавления (Tm) определяли в программе Олиго Кальк (Олиго Кальк); в табл. 4 приведены параметры Tm с корректировкой по концентрации солей. Синтез олигонуклеотидов осуществляли в ЗАО «Евроген» (Россия).

Состав реакционной смеси и условия амплификации представлены в табл. 4.

ПЦР-РВ проводили на детектирующем амплификаторе «ДТпрайм 5М6» («ДНК-Технология», Россия).

Инклюзивность рассчитывали как отношение положительных результатов при тестировании штаммов *R. tritici* к общему числу проведенных реакций, выраженное в процентах. Эксклюзивность рассчитывали как отношение отрицательных результатов при тестировании штаммов бактерий, не относящихся к виду *R. tritici*, к общему числу проведенных реакций, выраженное в процентах (EPPO PM 7/98 (3), 2018).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристики использованных олигонуклеотидов в тестах ПЦР-РВ BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 и BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 (Postnikova et al., 2017) представлены в табл. 5.

Первичная проверка олигонуклеотидов в программе Ugene (Unipro UGENE software) позволила провести ПЦР *in silico*. Все последовательности олигонуклеотидов, кроме BTRITF1, были найдены в NZ_CP015515.1. Последовательность олигонуклеотида BTRITF1, как прямая, так и обратная комплементарная, не была найдена в NZ_CP015515.1. В указанном геноме, в регионе 557244-557256, присутствует последовательность GTACGAGTAATGG длиной 13 п.о., аналогичная части олигонуклеотида BTRITF1. Tm указанной последовательности составляет 38 °С. Анализ положения олигонуклеотидов в NZ_CP015515.1 показал, что длина ПЦР-продукта BTRITF1/BTRITR1 составляет 126 п.о., а BTRITF2/BTRITR2 – 74 п.о.

В результате проведения тестов BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 и BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 получены положительные реакции для штаммов

The composition of the reaction mixture and the amplification conditions are presented in Table 4.

Real-time PCR was performed on a DTprime 5M6 detection amplifier (DNA-Technology, Russia).

Inclusivity was calculated as the ratio of positive results when testing *R. tritici* strains to the total number of reactions performed, expressed as a percentage. Exclusivity was calculated as the ratio of negative results when testing non-*R. tritici* bacterial strains to the total number of reactions performed expressed as a percentage (EPPO PM 7/98 (3), 2018).

RESULTS AND DISCUSSION

The characteristics of the oligonucleotides used in the real-time PCR tests BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 and BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 (Postnikova et al., 2017) are presented in Table 5.

Primary screening of oligonucleotides in Ugene (Unipro UGENE software) allowed *in silico* PCR to be performed. All oligonucleotide sequences except BTRITF1 were found in NZ_CP015515.1. The BTRITF1 oligonucleotide sequence, both direct and reverse complementary, was not found in NZ_CP015515.1. In the specified genome, in the region 557244-557256, there is a 13 bp sequence gTACGAGTAATGG, similar to a part of the BTRITF1 oligonucleotide. Tm of the specified sequence is 38 °C. Analysis of the position of oligonucleotides in NZ_CP015515.1 showed that the length of the BTRITF1/BTRITR1 PCR product is 126 bp, and BTRITF2/BTRITR2 is 74 bp.

As a result of the BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 and BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 tests, positive reactions were obtained for the *R. tritici* strains VNIKR-B-0837T, VNIKR-B-1014, VNIKR-B-1016, VNIKR-B-1017 and VNIKR-B-1018 (see Table 6).

The fluorescence accumulation graphs were specific, and the fluorescence level reached 600 in the

Табл. 6. Результат тестирования ДНК штаммов *Rathayibacter tritici*
Table 6. DNA testing result of *Rathayibacter tritici* strains

Среднее значение Ct, FAM (специфика) и Cy5 (ВПК) и интерпретация результатов ПЦР, полученных на амплификаторе, детектирующем «ДТпрайм 5М6» («ДНК-Технология», Россия) Average value of Ct, FAM (specificity) and Cy5 (VPK) and interpretation of PCR results obtained on the amplifier detecting "DTprime 5M6" ("DNA-Technology", Russia)					
№ п/п	Номер штамма Strain number	BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1		BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1	
		Ct, FAM	Cy5	Ct, FAM	Cy5
1	VNIKR-B-0837T	24,4	33,1	23,2	32,6
2	VNIKR-B-1014	25,9	32,9	24,2	32,9
3	VNIKR-B-1015	-	33,7	-	33,5
4	VNIKR-B-1016	27,1	33,1	25,6	33,2
5	VNIKR-B-1017	22,7	32,9	21,3	32,7
6	VNIKR-B-1018	23,8	33,1	22,4	32,9

Примечание: Ct – пороговый цикл ПЦР-РВ, ВПК – внутренний положительный контроль

Note: Ct – threshold cycle of real-time PCR, IPC – internal positive control

R. tritici VNIKR-B-0837T, VNIKR-B-1014, VNIKR-B-1016, VNIKR-B-1017 и VNIKR-B-1018 (см. табл. 6).

Графики накопления флуоресценции были специфичными, а уровень флуоресценции достигал значения 600 в тесте BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 (см. рис. 2) и 500 – в тесте BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 (см. рис. 3).

Для одного из штаммов *R. tritici*, VNIKR-B-1015, реакции ПЦР-РВ были отрицательными (см. табл. 6). Для всех остальных штаммов бактерий рода *Rathayibacter*, кроме *R. tritici*, результаты тестов BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 и BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 также были отрицательными.

Последовательности, амплифицируемые с праймерами BTRITF1/BTRITR1 и BTRITF2/BTRITR2, расположенные в регионе 557126-557256 и 557129-557203 в NZ_CP015515.1 (*Rathayibacter tritici* strain NCPPB 1953 chromosome, complete genome) соответственно, не имеют сходства с какими-либо другими последовательностями кроме соответствующих регионов NZ_CP015515.1. Исходя из полученных результатов ПЦР-тестирования штаммов *R. tritici* можно сделать вывод о том, что участки геномов этих штаммов частично или полностью гомологичны используемым олигонуклеотидам. Исключение представляет собой штамм VNIKR-B-1015, результаты тестирования которого обеими праймерными системами отрицательны, и это позволяет предположить, что указанный штамм имеет существенное отличие в участке генома, являющегося мишенью ПЦР.

В то же время реакция внутреннего положительного контроля (ВПК), детектируемая по каналу Cy5, показала отсутствие ингибирования ПЦР (см. рис. 4).

Тестирование всех штаммов *R. tritici* с помощью классической ПЦР Rt-5F/Rt-5R (Baek et al., 2018) показало наличие для каждого из них ПЦР-продукта ожидаемой длины 613 п.о., характерной для указанного вида (см. рис. 5).

Результаты ПЦР подтвердили последующим секвенированием по Сэнгеру. Нуклеотидная последовательность всех шести анализируемых штаммов показала 100% гомологии с геномным участком *R. tritici* в BLAST NCBI (BLAST). Как показал анализ с помощью Eugene (Unipro UGENE software), последовательность, амплифицируемая с праймерами Rt-5F/Rt-5R, расположена в регионе 3200539-3201151 в NZ_CP015515.1 (*Rathayibacter tritici* strain NCPPB 1953 chromosome, complete genome). Таким образом, регион, являющийся мишенью ПЦР Rt-5F/Rt-5R, отличается от региона, представляющего собой мишень праймерных систем BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 и BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1,

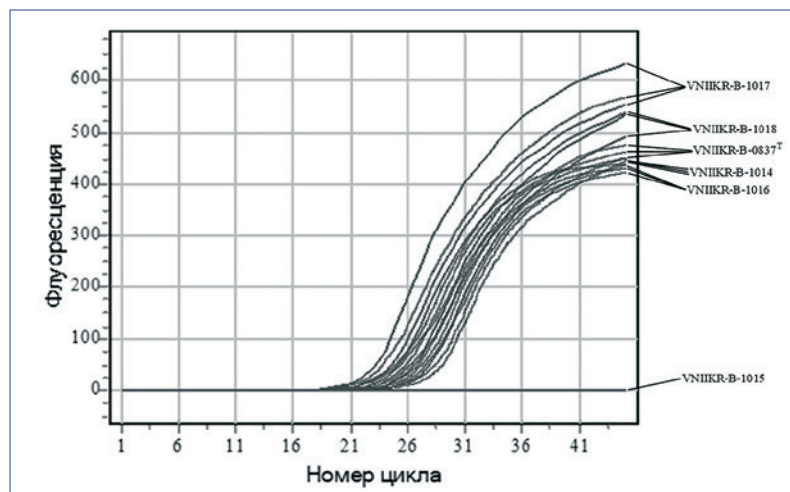


Рис. 2. Зависимость уровня флуоресценции от номера порогового цикла по каналу FAM в результате использования теста BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 на амплификаторе, детектирующем «ДТпрайм 5М6» («ДНК-Технология», Россия) (ориг.)

Fig. 2. Dependence of the fluorescence level on the threshold cycle number in the FAM channel as a result of using the BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 test on a thermocycler detecting "DTprime 5M6" ("DNA-Technology", Russia) (orig.)

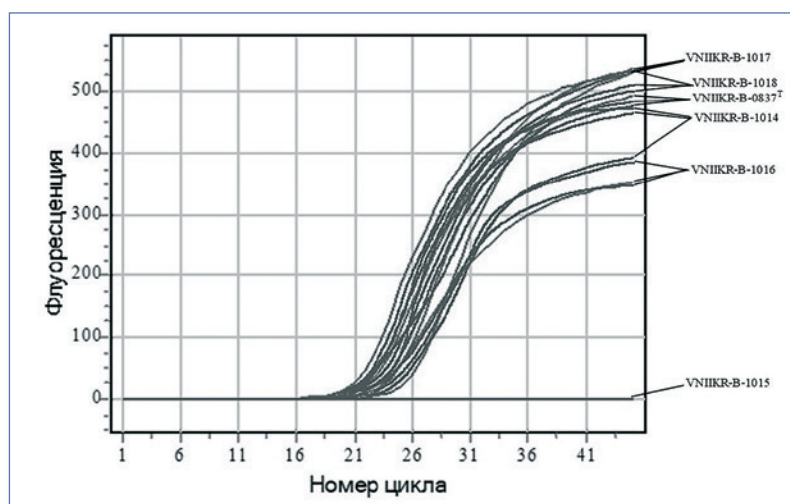


Рис. 3. Зависимость уровня флуоресценции от номера порогового цикла по каналу FAM в результате использования теста BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 на амплификаторе, детектирующем «ДТпрайм 5М6» («ДНК-Технология», Россия) (ориг.)

Fig. 3. Dependence of the fluorescence level on the threshold cycle number in the FAM channel as a result of using the BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 test on a thermocycler detecting "DTprime 5M6" ("DNA-Technology", Russia) (orig.)

BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 test (see Fig. 2) and 500 in the BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 test (see Fig. 3).

For one of the *R. tritici* strains, VNIKR-B-1015, the real-time PCR reactions were negative (see Table 6). For all other strains of the *Rathayibacter* genus, except *R. tritici*, the results of the BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 and BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 tests were also negative.

Sequences amplified with primers BTRITF1/BTRITR1 and BTRITF2/BTRITR2 located in the region 557126-557256 and 557129-557203 in NZ_CP015515.1 (*Rathayibacter tritici* strain NCPPB 1953

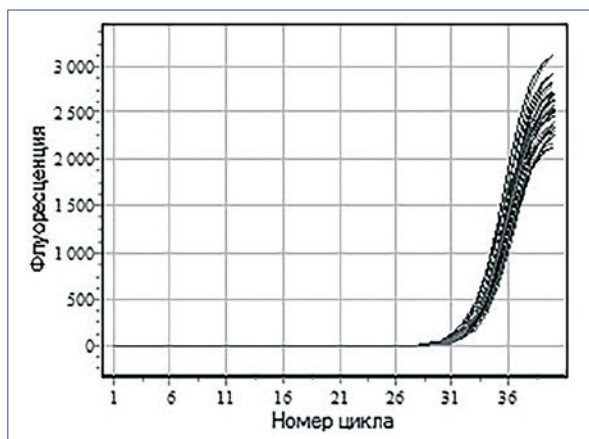


Рис. 4. Зависимость уровня флуоресценции от номера порогового цикла по каналу Cy5 (ВПК) в результате использования тестов BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 и BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 со всеми анализируемыми штаммами на амплификаторе, детектирующем «ДТпрайм 5М6» («ДНК-Технология», Россия) (ориг.)

Fig. 4. Dependence of the fluorescence level on the threshold cycle number in the Cy5 channel (IPC) as a result of using the BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 and BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 tests with all analyzed strains on a thermocycler detecting "DTprime 5M6" ("DNA-Technology", Russia) (orig.)

и присутствует во всех шести анализируемых штаммах *R. tritici*.

Расчет инклюзивности в соответствии с методикой (ЕППО РМ 7/98 (3), 2018) показал, что ее значение одинаково для обоих тестов и составляет 83,3%. Тесты ПЦР-РВ BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 и BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 не позволяют идентифицировать один из шести штаммов целевого объекта – *R. tritici*. В связи с этим, несмотря на высокую эксклюзивность (100%), оба испытанных теста не могут быть использованы в лабораторной диагностике, поскольку в случае их применения достаточно высоким является риск ложноотрицательных результатов и, как следствие, проникновения карантинного фитопатогена на новые территории.

Опыты по определению АЧ в рамках данного исследования не проводились, поскольку тесты BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 и BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 определены как неприменимые в результате оценки их АС.

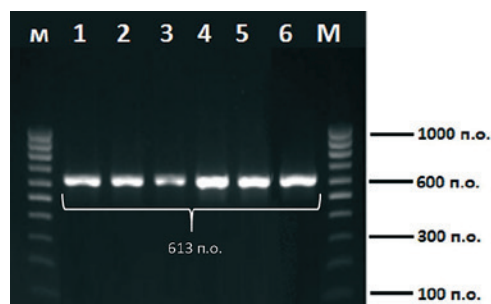


Рис. 5. Электрофореграмма результатов ПЦР-теста Rt-5F/Rt-5R с ДНК штаммов *Rathayibacter tritici* (ориг.): образцы: 1 – VNIKR-B-0837T; 2 – VNIKR-B-1014; 3 – VNIKR-B-1015; 4 – VNIKR-B-1016; 5 – VNIKR-B-1017; 6 – VNIKR-B-1018; M – маркер длин ДНК 100bp DNA Ladder (Eurogen)

Fig. 5. Electropherogram of the results of the Rt-5F/Rt-5R PCR test with DNA of *Rathayibacter tritici* strains (orig.): samples: 1 – VNIKR-B-0837T; 2 – VNIKR-B-1014; 3 – VNIKR-B-1015; 4 – VNIKR-B-1016; 5 – VNIKR-B-1017; 6 – VNIKR-B-1018; M – DNA length marker 100bp DNA Ladder (Eurogen)

chromosome, complete genome), respectively, have no similarity with any other sequences except for the corresponding regions of NZ_CP015515.1. Based on the obtained results of PCR testing of *R. tritici* strains, it can be concluded that the genome regions of these strains are partially or completely homologous to the oligonucleotides used. An exception is strain VNIKR-B-1015, the testing results for which with both primer systems are negative, and this suggests that this strain has a significant difference in the genome region that is the PCR target.

At the same time, the internal positive control (IPC) reaction detected by the Cy5 channel showed no inhibition of PCR (see Fig. 4).

Testing of all *R. tritici* strains using the classical Rt-5F/Rt-5R PCR (Baek et al., 2018) showed the presence of a PCR product of the expected length of 613 bp for each of them, characteristic of this species (see Fig. 5).

The PCR results were confirmed by subsequent Sanger sequencing. The nucleotide sequence of all six analyzed strains showed 100% homology with the genomic region of *R. tritici* in NCBI BLAST (BLAST). As shown by Ugene analysis (Unipro UGENE software), the sequence amplified with primers Rt-5F/Rt-5R is located in the region 3200539-3201151 in NZ_CP015515.1 (*Rathayibacter tritici* strain NCPPB 1953 chromosome, complete genome). Thus, the region targeted by Rt-5F/Rt-5R PCR differs from the region targeted by the BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 and BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 primer systems and is present in all six *R. tritici* strains analyzed.

Calculation of inclusiveness in accordance with the methodology (ЕППО РМ 7/98 (3), 2018) showed that its value is the same for both tests and is 83.3%. The real-time PCR tests BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 and BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 do not allow identifying one of the six strains of the target object – *R. tritici*. In this regard, despite the high exclusivity (100%), both tested tests cannot be used in laboratory diagnostics, since in the case of their use the risk of false negative results is quite high and, as a result, the introduction of the quarantine pest into new territories.

No experiments to determine the ASen were performed in this study, since the BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 and BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 tests were determined to be inapplicable based on their AS assessment.

CONCLUSION

Currently, there are only two real-time PCR tests for identifying the quarantine bacterium, the causative agent of bacterial ear rot of wheat *R. tritici*: BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 and BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 (Postnikova et al., 2017). We assessed the applicability of these tests. The study materials were *R. tritici* strains: VNIKR-B-0837^T, VNIKR-B-1014, VNIKR-B-1015, VNIKR-B-1016, VNIKR-B-1017, VNIKR-B-1018, as well as 26 strains of bacteria of the genus *Rathayibacter*, including all existing species within

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящий момент существует только два теста ПЦР-РВ для идентификации карантинной бактерии – возбудителя желтого слизистого бактериоза пшеницы *R. tritici*: BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 и BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 (Postnikova et al., 2017). Нами проведена оценка применимости указанных тестов. Материалами исследований являлись штаммы *R. tritici*: VNIKR-B-0837^T, VNIKR-B-1014, VNIKR-B-1015, VNIKR-B-1016, VNIKR-B-1017, VNIKR-B-1018, а также 26 штаммов бактерий рода *Rathayibacter*, включая все существующие виды внутри указанного рода: *R. toxicus*, *R. rathayi*, *R. iranicus*, *R. festucae*, *R. caricis*, *R. oskolensis*, *R. agropyri* и *R. tanacetum*. В результате оценки применимости тестов установлено, что значение инклюзивности – способности теста идентифицировать все многообразие штаммов бактерии внутри вида – для тестов BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 и BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 составляет 83,3%. Указанные тесты не позволяют идентифицировать один из шести штаммов *R. tritici*, а именно VNIKR-B-1015 (VKM Ac-2586; ICMP 2624; ICPB CT106; NCTC 6255). Значение эксклюзивности – способности теста отличать целевые штаммы от нецелевых – составило 100% для обоих тестов. Тесты ПЦР-РВ BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 и BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1, несмотря на их высокую эксклюзивность (100%), неприменимы для фитосанитарной диагностики, поскольку не позволяют идентифицировать все многообразие штаммов бактерии внутри вида, а использование этих тестов создает риск получения ложноотрицательных результатов диагностики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белашапкина О.О., Писарева И.Н. Определение аналитической чувствительности и специфичности методов ПЦР для диагностики черной бактериальной пятнистости томата // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2024. Т. 1. № 3. С. 78–94. doi: 10.26897/0021-342X-2024-3-78-94.
2. Воронов Е.В., Словарева О.Ю., Десятерик А.А., Кондратьев М.О., Игнатов А.Н. Идентификация возбудителя стеблевого меланоза пшеницы *Pseudomonas cichorii* методом ПЦР в режиме «реального времени» // Вестник защиты растений. 2024. Т. 107, № 3. С. 121–129. doi: 10.31993/2308-6459-2024-107-3-16657.
3. Доморацкая Д.А., Игнатьева И.М., Кононова Е.П. Разработка новых диагностических ПЦР-тестов для выявления возбудителя бактериального увядания *Clavibacter insidiosus* // Генетические и радиационные технологии в сельском хозяйстве: Сборник докладов III Международной молодежной конференции, Обнинск, 23–24 октября 2024 года. – Издательство НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ. 2024. С. 34–36.
4. Каракай М.В., Игнатьева И.М. Опыт внедрения методов ПЦР-диагностики при выявлении и идентификации возбудителя бактериального ожога фасоли *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* // Фитосанитария. Карантин растений. 2024. № S2-1(18). С. 14.
5. Оболенский Р.Р., Словарева О.Ю. Морфологические признаки *Rathayibacter tritici* на питательных

the specified genus: *R. toxicus*, *R. rathayi*, *R. iranicus*, *R. festucae*, *R. caricis*, *R. oskolensis*, *R. agropyri* and *R. tanacetum*. As a result of the assessment of the test applicability, it was found that the inclusiveness value – the ability of the test to identify the entire diversity of bacterial strains within a species – for the BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 and BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1 tests was 83.3%. These tests did not allow identification of one of the six *R. tritici* strains, namely VNIKR-B-1015 (VKM Ac-2586; ICMP 2624; ICPB CT106; NCTC 6255). The exclusivity value – the ability of the test to distinguish target strains from non-target ones – was 100% for both tests. The real-time PCR tests BTRITF1/BTRITR1/BTRITP1 and BTRITF2/BTRITR2/BTRITP1, despite their high exclusivity (100%), are not applicable for phytosanitary diagnosis, since they do not allow identifying the entire diversity of bacterial strains within a species, and the use of these tests creates the risk of obtaining false negative diagnostic results.

REFERENCES

1. Beloshapkina O.O., Pisareva I.N. Determination of the analytical sensitivity and specificity of PCR methods for the diagnosis of bacterial spot of tomato [Opredeleniye analiticheskoy chuvstvitel'nosti i spetsifichnosti metodov PTSR dlya diagnostiki chernoy bakterial'noy pyatnistosti tomata] // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2024; 1(3): 78–94. doi: 10.26897/0021-342X-2024-3-78-94. (In Russ.)
2. Voronov E.V., Slovareva O.Y., Desyaterik A.A., Kondratiev M.O., Ignatov A.N. Identification of stem melanosis of wheat (*Pseudomonas cichorii*) by the real-time PCR method // Plant Protection News (Vestnik Zashchity Rasteniy). 2024; 107(3): 121–129. doi: 10.31993/2308-6459-2024-107-3-16657. (In Russ.)
3. Domoratskaya D.A., Ignatyeva I.M., Kononova E.P. New diagnostic PCR-tests for bacterial wilt of lucerne *Clavibacter insidiosus* detection // genetic and radiation technologies in agriculture: Collection of reports of the III International youth conference, Obninsk, October 23–24, 2024. – Publishing house of the National Research Center “Kurchatov Institute” – VNIIRAE. 2024. P. 34–36. (In Russ.)
4. Karakay M.V., Ignatieva I.M. An experience of PCR diagnostics methods introduction in searching and identification of *Xanthomonas Axonopodis* pv. *Phaseoli*, the causative agent of common bacterial blight of bean // Plant Health and Quarantine. 2024; S2-1(18): 14. (In Russ.)
5. Obolensky R.R., Slovareva O.Y. *Rathayibacter tritici* morphological features on nutrient media NBY, YPGA and R2A // Plant Health and Quarantine. 2024; S2-1(18): 18. (In Russ.)
6. Prikhodko S.I., Pisareva I.N., Kornev K.P., Bondarenko G.N., Valeeva N.G., Radionovskaya Y.E. Isolation protocol trials for grapevine bacteriosis (Pierce's disease) agent *Xylella fastidiosa* Wells et al. during research monitoring of the Republic of Crimea. *Horticulture and viticulture*. 2021; (1):39-47. doi: 10.31676/0235-2591-2021-1-39-47. (In Russ.)

средах NBY, YPGA и R2A // Фитосанитария. Карантин растений. 2024. № S2-1(18). С. 18.

6. Приходько С.И., Писарева И.Н., Корнев К.П., Бондаренко Г.Н., Валеева Н.Г., Радионовская Я.Э. Апробация различных методик выделения возбудителя бактериоза винограда (болезнь Пирса) *Xylella fastidiosa* Wells et al. в ходе научно-исследовательского мониторинга в условиях Республики Крым // Садоводство и виноградарство. 2021. № 1. С. 39–47. doi: 10.31676/0235-2591-2021-1-39-47.

7. Словарева О.Ю. Анализ производства и экспорта российского зерна и составление перечня регулируемых фитосанитарными требованиями стран-импортеров возбудителей бактериозов зерновых культур // Аграрный вестник Северного Кавказа. 2023. № 3(51). С. 47–54. doi: 10.31279/2949-4796-2023-3-51-47-54.

8. Словарева О.Ю., Трунов В.В., Присяжная Н.В., Дорофеева Л.В. Новые актинобактерии рода *Rathayibacter* из агробиocenозов регионов Российской Федерации // Фитосанитария. Карантин растений. 2024. № S2-1(18). С. 23.

9. Словарева О.Ю., Корнев К.П. Определение аналитической специфичности методов ПЦР для идентификации *Acidovorax citrulli* // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2020. № 51. С. 25–45. doi: 10.17223/19988591/51/2.

10. Тараканов Р.И., Игнатъева И.М., Белашапкина О.О., Чебаненко С.И., Каратаева О.Г., Джалилов Ф.С. Выявление возбудителя бактериального ожога сои *Pseudomonas savastanoi* pv. *glycinea* в семенах методом ПЦР // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2024. № 1. – С. 41–52. doi: 10.26897/0021-342X-2024-1-41-52.

11. Шашков А.С., Тульская Е.М., Стрешинская Г.М., Дмитренко А.С., Потехина Н.В., Сенченкова С.Н., Пискунова Н.Ф., Дорофеева Л.В., Евтушенко Л.И. Рамноманнаны и теихуроновая кислота из клеточной стенки *Rathayibacter tritici* VKM Ac-1603T // Биохимия. 2020. Т. 85. № 3. С. 428–437. doi: 10.31857/S0320972520030124.

12. Обновленные фитосанитарные требования Бангладеша 2015 г. / Россельхознадзор. Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору. URL: chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://fsvps.gov.ru/sites/default/files/fsvps-docs/ru/importExport/bangladesh/files/phyto_requirements_bangladesh.pdf (дата обращения: 10.01.2025).

13. Олиго Кальк: программа для расчета свойств олигонуклеотидов (праймеров). URL: <http://www.bio.bsu.by/molbiol/oligocalc.html> (дата обращения: 03.04.2023).

14. Перечень вредных организмов карантинного значения для Республики Узбекистан / Россельхознадзор. Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору. URL: https://fsvps.gov.ru/sites/default/files/files/ehksport-import/uzbekistan/aktualnyy_perechen_vrednyh_organizmov_karantinnogo_znacheniya_dlya_respubliki_uzbekistan.pdf.

15. Перечень вредных организмов, ввоз и распространение которых в Республике Молдова запрещен / Россельхознадзор. Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору. URL: https://fsvps.gov.ru/sites/default/files/fsvps-docs/ru/importExport/moldova/files/entity_denied.pdf.

7. Slovareva O. Y. Production, export and import of cereals and compilation of a list of phytopathogenic bacteria associated with them // Agrarian Bulletin of the North Caucasus. 2023; 3(51): 47–54. doi: 10.31279/2949-4796-2023-3-51-47-54. (In Russ.)

8. Slovareva O.Y., Trunov V.V., Prisyazhnaya N.V., Dorofeeva L.V. New actinobacteria of the genus *Rathayibacter* from agrobiocenoses of regions of the Russian Federation // Plant Health and Quarantine. 2024; S2-1(18): 23. (In Russ.)

9. Slovareva O.Y., Kornev K.P. Determination of analytical specificity of PCR methods for *Acidovorax citrulli* identification. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology. 2020; 51:25-45. doi: 10.17223/19988591/51/2. (In Russ.)

10. Tarakanov R.I., Ignatyeva I.M., Beloshapkina O.O., Chebanenko S.I., Karataeva O.G., Dzhililov F.S. Detection of the soybean bacterial blight pathogen *Pseudomonas Savastanoi* pv. *glycinea* in seeds by the PCR method // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2024; 1: 41–52. doi: 10.26897/0021-342X-2024-1-41-52. (In Russ.)

11. Shashkov A.S., Tulskeya E.M., Streshinskaya G.M., Dmitrenyuk A.S., Potekhina N.V., Senchenkova S.N., Piskunova N.F., Dorofeeva L.V., Evtushenko L.I. Rhamnomannans and teichuronic acid from the cell wall of *Rathayibacter tritici* VKM Ac 1603^T // Biochemistry. 2020; 85(3): 428–437. doi: 10.31857/S0320972520030124. (In Russ.)

12. Updated phytosanitary requirements of Bangladesh 2015 / Rosselkhoz nadzor. Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance. URL: chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://fsvps.gov.ru/sites/default/files/fsvps-docs/ru/importExport/bangladesh/files/phyto_requirements_bangladesh.pdf (last accessed: 10.01.2025).

13. Oligo Calc: a program for calculating the properties of oligonucleotides (primers). URL: <http://www.bio.bsu.by/molbiol/oligocalc.html> (last accessed: 03.04.2023).

14. List of quarantine pests for the Republic of Uzbekistan / Rosselkhoz nadzor. Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance. URL: https://fsvps.gov.ru/sites/default/files/files/ehksport-import/uzbekistan/aktualnyy_perechen_vrednyh_organizmov_karantinnogo_znacheniya_dlya_respubliki_uzbekistan.pdf.

15. List of pests prohibited for the import and distribution in the Republic of Moldova / Rosselkhoz nadzor. Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance. URL: https://fsvps.gov.ru/sites/default/files/fsvps-docs/ru/importExport/moldova/files/entity_denied.pdf.

16. Decision of the Council of the Eurasian Economic Commission of November 30, 2016 No. 158 “On approval of a Common list of quarantine pests of the Eurasian Economic Union” (with amendments and additions). URL: <https://base.garant.ru/71623912/>.

17. Decision of the Council of the Eurasian Economic Commission of November 30, 2016 No. 157

16. Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 30 ноября 2016 г. N 158 «Об утверждении единого перечня карантинных объектов Евразийского экономического союза» (с изменениями и дополнениями). URL: <https://base.garant.ru/71623912/>.

17. Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 30 ноября 2016 г. N 157 «Об утверждении Единых карантинных фитосанитарных требований, предъявляемых к подкарантинной продукции и подкарантинным объектам на таможенной границе и на таможенной территории Евразийского экономического союза» (с изменениями и дополнениями). URL: (<https://fsvps.gov.ru/files/reshenie-soveta-evrazijskoj-jekonomich-6/>).

18. Baek K.Y., Lee H.H., Son G.J., Lee P.A., Roy N., Seo Y.S., Lee S.W. Specific and Sensitive Primers Developed by Comparative Genomics to Detect Bacterial Pathogens in Grains // The Plant Pathology Journal. 2018. Vol. 34(2). P. 104-112. doi: 10.5423/PPJ.OA.11.2017.0250.

19. EPPO. PM 7/76 (5) Use of EPPO diagnostic standards // EPPO Bulletin. – 2018. – Т. 48. – P. 373-377

20. Gupta P., Swarup G. Ear-cockle and yellow ear rot disease of wheat. II. Nematode bacterial association. Nematologia. 1972. Vol. 18. P. 320-324.

21. Ignatyeva I.M., Karimova E.V., Prikhodko S.I. Diagnostics of the bacterial blight pathogen of bean *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* in plant and seed material of grain legumes using molecular genetics methods // AIP Conference Proceedings: 4th International Conference on Modern Synthetic Methodologies for Creating Drugs and Functional Materials, MOSM 2020, Yekaterinburg, 16-20 November 2020. Vol. 2388, Issue 1. – American Institute of Physics Inc.: American Institute of Physics Inc. 2021. P. 030014. doi: 10.1063/5.0068504.

22. Murray T.D., Schroeder B.K., Schneider W.L., Luster D.G., Sechler A., Rogers E.E., Subbotin S.A. *Rathayibacter toxicus*, Other *Rathayibacter* Species Inducing Bacterial Head Blight of Grasses, and the Potential for Livestock Poisonings // Phytopathology. 2017. Vol. 107(7). P. 804-815. doi: 10.1094/PHYTO-02-17-0047-RVW.

23. Muvingi M., Slovareva O.Y., Ruberts V.S., Igonin V.N. Detection and identification of *Rathayibacter tritici* in Russian grain crop survey // Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии: Сборник тезисов докладов 20-й Всероссийской конференции молодых учёных, посвященной памяти академика РАСХН Георгия Сергеевича Муромцева, Москва, 27-29 октября 2020 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии». 2020. P. 158-159. doi: 10.48397/ARRIAB.2020.20.095.

24. Park J., Lee P.A., Lee H.H., Choi K., Lee S.W., Seo Y.S. Comparative Genome Analysis of *Rathayibacter tritici* NCPPB 1953 with *Rathayibacter toxicus* Strains Can Facilitate Studies on Mechanisms of Nematode Association and Host Infection // The Plant Pathology Journal. 2017. Vol. 33(4). P. 370-381. doi: 10.5423/PPJ.OA.01.2017.0017.

25. Paruthi I. J., Mohinder Singh M. S., Gupta D. C. Quantitative and qualitative losses in wheat grains due to 'earcockle' and 'tundu'. – 1987.

26. Postnikova E., Agarkova I.V., Schneider W.L., Sechler A.J., Riley I.T. CHAPTER 15: Detection of

“On approval of the Common Quarantine Phytosanitary Requirements for Regulated Articles and Quarantine Pests at the Customs Border and on the Customs Territory of the Eurasian Economic Union” (with amendments and additions). URL: (<https://fsvps.gov.ru/files/reshenie-soveta-evrazijskoj-jekonomich-6/>).

18. Baek K.Y., Lee H.H., Son G.J., Lee P.A., Roy N., Seo Y.S., Lee S.W. Specific and Sensitive Primers Developed by Comparative genomics to Detect Bacterial Pathogens in grains // The Plant Pathology Journal. 2018. Vol. 34(2). P. 104-112. doi: 10.5423/PPJ.OA.11.2017.0250.

19. EPPO. PM 7/76 (5) Use of EPPO diagnostic standards // EPPO Bulletin. – 2018. – Т. 48. – P. 373-377

20. Gupta P., Swarup G. Ear-cockle and yellow ear rot disease of wheat. II. Nematode bacterial association. Nematologia. 1972. Vol. 18. P. 320-324.

21. Ignatyeva I.M., Karimova E.V., Prikhodko S.I. Diagnostics of the bacterial blight pathogen of bean *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* in plant and seed material of grain legumes using molecular genetics methods // AIP Conference Proceedings: 4th International Conference on Modern Synthetic Methodologies for Creating Drugs and Functional Materials, MOSM 2020, Yekaterinburg, 16-20 November 2020. Vol. 2388, Issue 1. – American Institute of Physics Inc.: American Institute of Physics Inc. 2021. P. 030014. doi: 10.1063/5.0068504.

22. Murray T.D., Schroeder B.K., Schneider W.L., Luster D.G., Sechler A., Rogers E.E., Subbotin S.A. *Rathayibacter toxicus*, Other *Rathayibacter* Species Inducing Bacterial Head Blight of grasses, and the Potential for Livestock Poisonings // Phytopathology. 2017. Vol. 107(7). P. 804-815. doi: 10.1094/PHYTO-02-17-0047-RVW.

23. Muvingi M., Slovareva O.Y., Ruberts V.S., Igonin V.N. Detection and identification of *Rathayibacter tritici* in Russian grain crop survey // Biotechnology in plant growing, animal husbandry and agricultural microbiology: Collection of abstracts of reports of the 20th All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the memory of Academician of the Russian Academy of Agricultural Sciences Georgy Sergeevich Muromtsev, Moscow, October 27-29, 2020. – Moscow: Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute of Agricultural Biotechnology”. 2020. P. 158-159. doi: 10.48397/ARRIAB.2020.20.095.

24. Park J., Lee P.A., Lee H.H., Choi K., Lee S.W., Seo Y.S. Comparative genome Analysis of *Rathayibacter tritici* NCPPB 1953 with *Rathayibacter toxicus* Strains Can Facilitate Studies on Mechanisms of Nematode Association and Host Infection // The Plant Pathology Journal. 2017. Vol. 33(4). P. 370-381. doi: 10.5423/PPJ.OA.01.2017.0017.

25. Paruthi I. J., Mohinder Singh M. S., Gupta D. C. Quantitative and qualitative losses in wheat grains due to 'earcockle' and 'tundu'. – 1987.

26. Postnikova E., Agarkova I.V., Schneider W.L., Sechler A.J., Riley I.T. CHAPTER 15: Detection of *Rathayibacter* spp. in Seeds of Cereals and grasses // Detection of Plant-Pathogenic Bacteria in Seed and Other Planting Material, Second Edition. – The American Phytopathological Society. 2017. P. 95-101.

Rathayibacter spp. in Seeds of Cereals and Grasses // Detection of Plant-Pathogenic Bacteria in Seed and Other Planting Material, Second Edition. – The American Phytopathological Society. 2017. P. 95–101.

27. PM 7/60 (2) *Pantoea stewartii* subsp. *stewartii* // Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 2016. № 46(2). P. 226–236.

28. PM 7/98 (3) Specific requirements for laboratories preparing accreditation for a plant pest diagnostic activity // EPPO Bulletin. 2018. Vol. 48(3). P. 387–404. doi: 10.1111/epp.12508.

29. Reasoner D.J., Geldreich E.E. A new medium for the enumeration and subculture of bacteria from potable water // Applied and Environmental Microbiology. 1985. Vol. 49(1). P. 1–7. doi: 10.1128/aem.49.1.1-7.1985.

30. Sabet A.K. On the host range and systematic position of the bacteria responsible for the yellow slime diseases of wheat (*Triticum vulgare* Vill.) and cocksfoot grass (*L. Dactylis glomerata*) // Annals of Applied Biology. 1954. Vol. 41. P. 606–611.

31. Starodumova I.P., Dorofeeva L. V., Prisyazhnaya N.V., Tarlachkov S.V., Vasilenko O.V., Avtukh A.N., Ospennikov Y.V., Subbotin S.A., Evtushenko L.I. *Rathayibacter tanacetii* sp. nov., a Novel Actinobacterium from Tanacetum vulgare Infested by Foliar Nematode Aphelenchoides sp. // Current Microbiology. 2024. Vol. 81. P. 123. <https://doi.org/10.1007/s00284-024-03643-7>.

32. Zgurskaya H.I., Evtushenko L.I., Akimov V.N., Kalakoutskii L.V. *Rathayibacter* gen. nov., including the species *Rathayibacter rathayi* comb. nov., *Rathayibacter tritici* comb. nov., *Rathayibacter iranici* comb. nov., and six strains from annual grasses. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 1993. Vol. 43. P. 143–149. doi: 10.1099/00207713-43-1-143.

33. BLAST. Basic Local Alignment Search Tool [Electronic resource]. – Access mode: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov> (date of access: 05.12.2024).

34. *Rathayibacter tritici* strain NCPPB 1953 chromosome, complete genome / NCBI. The National Center for Biotechnology Information. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/1056838566> (дата обращения 01.11.2024).

35. Unipro UGENE software / URL: <https://ugene.net/ru/download-all.html> (last accessed: 04.01.2025).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Оболенский Роман Романович, младший научный сотрудник научно-методического отдела бактериологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; ORCID 0009-0001-5462-4199, e-mail: 7812romalist@mail.ru

Словарева Ольга Юрьевна, старший научный сотрудник – и. о. начальника научно-методического отдела бактериологии ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; ORCID 0000-0001-6022-5955, e-mail: slovareva.olga@gmail.com

Дорофеева Любовь Владимировна, старший научный сотрудник сектора актиномицетов ФИЦ «Пущинский научный центр биологических исследований РАН» (Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина РАН), Пущино, Россия; ORCID 0000-0002-9486-3389, e-mail: dekabr28@rambler.ru

27. PM 7/60 (2) *Pantoea stewartii* subsp. *stewartii* // Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 2016. № 46(2). P. 226–236.

28. PM 7/98 (3) Specific requirements for laboratories preparing accreditation for a plant pest diagnostic activity // EPPO Bulletin. 2018. Vol. 48(3). P. 387–404. doi: 10.1111/epp.12508.

29. Reasoner D.J., geldreich E.E. A new medium for the enumeration and subculture of bacteria from potable water // Applied and Environmental Microbiology. 1985. Vol. 49(1). P. 1–7. doi: 10.1128/aem.49.1.1-7.1985.

30. Sabet A.K. On the host range and systematic position of the bacteria responsible for the yellow slime diseases of wheat (*Triticum vulgare* Vill.) and cocksfoot grass (*L. Dactylis glomerata*) // Annals of Applied Biology. 1954. Vol. 41. P. 606–611.

31. Starodumova I.P., Dorofeeva L. V., Prisyazhnaya N.V., Tarlachkov S.V., Vasilenko O.V., Avtukh A.N., Ospennikov Y.V., Subbotin S.A., Evtushenko L.I. *Rathayibacter tanacetii* sp. nov., a Novel Actinobacterium from Tanacetum vulgare Infested by Foliar Nematode Aphelenchoides sp. // Current Microbiology. 2024. Vol. 81. P. 123. <https://doi.org/10.1007/s00284-024-03643-7>.

32. Zgurskaya H.I., Evtushenko L.I., Akimov V.N., Kalakoutskii L.V. *Rathayibacter* gen. nov., including the species *Rathayibacter rathayi* comb. nov., *Rathayibacter tritici* comb. nov., *Rathayibacter iranici* comb. nov., and six strains from annual grasses. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 1993. Vol. 43. P. 143–149. doi: 10.1099/00207713-43-1-143.

33. BLAST. Basic Local Alignment Search Tool [Electronic resource]. – Access mode: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov> (date of access: 05.12.2024).

34. *Rathayibacter tritici* strain NCPPB 1953 chromosome, complete genome / NCBI. The National Center for Biotechnology Information. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/1056838566> (date of access 01.11.2024).

35. Unipro UGENE software / URL: <https://ugene.net/ru/download-all.html> (last accessed: 04.01.2025).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Roman Obolensky, Junior Researcher, Research and Methodology Department of Bacteriology, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; ORCID 0009-0001-5462-4199, e-mail: 7812romalist@mail.ru

Olga Slovareva, Senior Researcher – Acting Head of Research and Methodology Department of Bacteriology, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; ORCID 0000-0001-6022-5955, e-mail: slovareva.olga@gmail.com

Liubov Dorofeeva, Senior Researcher, Actinomycetes Sector, Federal Research Center “Pushchino Scientific Center for Biological Research of the Russian Academy of Sciences” (G.K. Scriabin Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms, Russian Academy of Sciences), Pushchino, Russia; ORCID 0000-0002-9486-3389, e-mail: dekabr28@rambler.ru

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



АССОРТИМЕНТ ФЕРОМОННЫХ ЛОВУШЕК

ВРЕДИТЕЛИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

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

ВРЕДИТЕЛИ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР

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

ВРЕДИТЕЛИ ЗАПАСОВ

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

ВРЕДИТЕЛИ ЛЕСА

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

ЭКОЛОГИЯ И ЗАЩИТА



ФЕРОМОНЫ СОВЕРШЕННО БЕЗОПАСНЫ ДЛЯ МЛЕКОПИТАЮЩИХ И ПЧЕЛ

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



АССОРТИМЕНТ КЛЕЕВЫХ ЛОВУШЕК

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



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



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

**ПРИНИМАЕМ ЗАЯВКИ НА
ПОСТАВКУ ШМЕЛИНЫХ СЕМЕЙ**



ПОЗАБОТЬТЕСЬ О БЕЗОПАСНОСТИ УРОЖАЯ СЕГОДНЯ!

По вопросам сотрудничества:
ФГБУ «ВНИИКР»

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

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

e-mail: sales@vniikr.ru



www.shop.vniikr.ru



Некоторые аспекты применения ловушек в интегрированной защите от трипсов в условиях закрытого грунта

* ТОДОРОВ Н.Г.¹, СОЛОВЬЕВ А.А.²,
ЛОБУР А.Ю.³, ШИРОКОВА О.А.⁴

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

¹ ORCID 0000-0002-8990-3411,
e-mail: todor-kol@mail.ru

² ORCID 0000-0003-4480-8776,
e-mail: solovievaa@vniikr.ru

³ ORCID 0000-0003-2642-1324,
e-mail: alex-lobur@yandex.ru

⁴ ORCID 0009-0006-5705-2129,
e-mail: oksanash84@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В ходе обобщения результатов испытаний 2021–2024 гг. по отлову трипсов синтетическим аттрактантом при помощи клеевых ловушек в условиях закрытого грунта нами было отмечено, что насекомые распределяются неравномерно. Под неравномерным распределением мы имеем в виду наличие участков, где численность трипсов превышает среднее значение более чем на три среднеквадратичных отклонения. Возникновение ограниченных участков с высокой численностью трипсов в теплицах обусловлено возникновением колоний от единичных насекомых в начале сезона. Вероятно, основными причинами появления «очагов» является очень низкая численность трипсов после «зимнего вымораживания» или эффективной обработки химическими препаратами. Численность трипсов очень незначительна, живыми остаются единичные экземпляры, которые проявляют себя как «колониеобразующая единица» в отдельных, достаточно далеко расположенных друг от друга местах. Далее большая часть их потомства некоторое время – несколько поколений – не распространяется далеко от первичного «очага» заражения. Именно это – наличие всего лишь нескольких живых насекомых на несколько десятков квадратных метров в начале «инвазии» или в начале вегетации – приводит к тому, что появляется такая большая неравномерность на расстоянии от нескольких метров до нескольких десятков метров.

Отлов части трипсов ловушками с аттрактантами в самом начале сезона возможно позволит сдерживать численность вредителя ниже экономического порога вредоносности в системе интегрированной защиты без применения химических пестицидов в течение всего сезона.

Some aspects of trap application in integrated control of thrips in protected ground

* NIKOLAI G. TODOROV¹, ALEKSANDR A. SOLOVIEV²,
ALEKSANDR YU. LOBUR³, OKSANA A. SHIROKOVA⁴

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

¹ ORCID 0000-0002-8990-3411,
e-mail: todor-kol@mail.ru

² ORCID 0000-0003-4480-8776,
e-mail: solovievaa@vniikr.ru

³ ORCID 0000-0003-2642-1324,
e-mail: alex-lobur@yandex.ru

⁴ ORCID 0009-0006-5705-2129,
e-mail: oksanash84@mail.ru

ABSTRACT

In the course of summarizing the results of the 2021–2024 tests on collecting thrips with a synthetic attractant using sticky traps in protected ground conditions, it was noted that the insects are distributed nonuniformly. By nonuniform distribution we mean the presence of areas where the number of thrips exceeds the average value by more than three standard deviations. The occurrence of limited areas with a high number of thrips in greenhouses is due to the emergence of colonies from single insects at the beginning of the season. Probably, the main reasons for the appearance of outbreaks are the very low number of thrips after "winter frosts" or effective treatment with chemicals. The number of thrips is very insignificant, only single specimens remain alive, which manifest themselves as a "colony-forming unit" in separate, fairly far-distant places. Then, most of their colonies do not spread far from the primary outbreak for some time - several generations. It is the presence of only a few living insects per several tens of square meters at the beginning of the "invasion" or at the beginning of the growing season that leads to such a large unevenness appearing at a distance from several meters to several tens of meters.

Collecting some of the thrips with traps with attractants at the very beginning of the season may help to keep the pest population below the economic threshold of harmfulness in an integrated protection system without the use of chemical pesticides throughout the season.

Ключевые слова. Численность, феромон, теплица, очаг, экономический порог вредоносности, *Frankliniella occidentalis*.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время трипсы признаны одними из наиболее опасных вредителей овощных, цветочных и декоративных растений защищенного грунта. Личинки и взрослые особи высасывают клеточный сок из растительной ткани, поселяясь в цветочных почках, бутонах, цветках, и ищут различные укрытия на растениях. Трипсы опасны тем, что наносят растениям непосредственные повреждения и способны переносить вирусы – возбудителей опасных заболеваний растений. Ряд видов, в том числе западный цветочный трипс (ЗЦТ) *Frankliniella occidentalis* Pergande, 1895 и томатный трипс *Frankliniella schultzei* (Trybom, 1910), входят в «Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза». Визуальное обнаружение трипсов для своевременной защиты культурных растений затруднено мелкими размерами насекомых и их скрытым поведением. Поэтому для раннего выявления этих вредителей и наблюдения за сезонной динамикой их численности эффективным является применение цветных ловушек с аттрактантом.

В литературе отмечалось (Sampson, 2014), что численность трипсов в теплицах, как правило, распределяется очень неравномерно. Мы также неоднократно наблюдали это явление.

Целью данной работы было дать логичное объяснение возникновения локальных участков с высокой плотностью трипсов. По нашему мнению, распространение трипсов начинается с незначительного количества колониеобразующих единиц, распространение которых можно подавить, применяя ловушки с эффективным аттрактантом на ранних стадиях роста популяции вредителя в теплице.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения полевых испытаний использовали синтетический аттрактант производства ФГБУ «ВНИИКР».

Опыты проводили в посадках цветов хризантемы веточной. Теплица площадью 6000 м², растения в опытах были возрастом 30–40 дней. Ловушки размещали на расстоянии 4–5 м друг от друга. Ловушки «Пластина» изготовлены из поливинилхлорида синего цвета с размером 25 x 10 см с отверстием для подвески с клеевым покрытием с обеих сторон. Подсчет насекомых проводили раз в 3–4 дня.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе проведения полевых испытаний различных составов аттрактантов и феромонов в 2021 и 2022 гг. было обнаружено, что 1–2 ловушки

Key words. Number, pheromone, greenhouse, outbreak, economic threshold of harmfulness, *Frankliniella occidentalis*.

INTRODUCTION

Currently, thrips are recognized as one of the most dangerous pests of vegetable, flower and ornamental plants in protected ground. Larvae and adults suck out the plant cell sap from tissue, settling in flower buds, inflorescence buds, flowers, and looking for various shelters on plants. Thrips are dangerous because they cause direct damage to plants and are capable of transmitting viruses that cause plant diseases. Some species, such as *Frankliniella occidentalis* Pergande, 1895 and *Frankliniella schultzei* (Trybom, 1910) are included in the “Common List of Quarantine Pests of the Eurasian Economic Union”. Visual detection of thrips for timely protection of cultivated plants is complicated by the small size of the insects and their hidden behavior. Therefore, the use of colored traps with an attractant is effective for early detection of these pests and monitoring the seasonal dynamics of their numbers.

It has been noted in the literature (Sampson, 2014) that thrips populations in greenhouses tend to be very unevenly distributed. We have also observed this phenomenon on various occasions.

The aim of this work was to provide a logical explanation for the occurrence of local areas with a high thrips density. In our opinion, the spread of thrips begins with an insignificant number of colony-forming units, the spread of which can be suppressed by using traps with an effective attractant at the early stages of pest population growth in a greenhouse.

MATERIALS AND METHODS

A synthetic attractant produced by FGBU “VNIICR” was used for field tests.

The experiments were conducted in plantings of branched chrysanthemum. The greenhouse area was 6000 m², the plants in the experiments were 30–40 days old. The traps were placed at a distance of 4–5 m from each other. The “Plastina” traps are made of blue polyvinyl chloride with a size of 25 x 10 cm with a hole for hanging with an adhesive coating on both sides. Insects were counted once every 3–4 days.

RESULTS AND DISCUSSION

During field trials of various attractant and pheromone compositions in 2021 and 2022, it was found that 1–2 traps out of 40–70 generally collected several times more thrips in the first days than the rest. At the same time, a relatively large catch did not depend on the substance composition on the dispensers. Moreover, these could also be control traps, without

Табл. 1. Распределение отловленных за три дня трипсов на ловушках, 28–31 августа 2023-го
Table 1. Distribution of thrips collected in traps over three days, August 28–31, 2023

№ п.п. №	Количество трипсов на ловушке Thrips number per trap	Количество ловушек с одинаковым количеством трипсов Number of traps with the same number of thrips
1	0	1
2	1	4
3	2	8
4	3	5
5	4	4
6	5	4
7	6	2
8	7	1
9	8	3
10	11	1
11	17	1

из 40–70, как правило, отлавливали в первые дни в несколько раз больше трипсов, чем остальные. При этом относительно большой отлов не зависел от состава веществ на диспенсерах. Более того, это могли оказаться и контрольные ловушки, без диспенсеров, которые в среднем уступали ловушкам с аттрактантами. Следует отметить, что в тех опытах мы стремились испытать большое количество вариантов состава аттрактантов, и поэтому количество повторов было 5 или 6. Небольшое количество повторов и одновременное присутствие в теплице разных составов аттрактантов и феромонов затрудняет надежный статистический анализ особенностей распределения трипсов.



Рис 1. Распределение отловленных за три дня трипсов на ловушках по площади в теплице 28–31 августа 2023-го

Fig. 1. Distribution of thrips collected in traps over three days by area in the greenhouse on August 28–31, 2023

dispensers, which were inferior on average to traps with attractants. It should be noted that in those experiments we sought to test a large number of attractant composition options, and therefore the number of repetitions was 5 or 6. A small number of repetitions and the simultaneous presence of different attractant and pheromone compositions in the greenhouse makes it difficult to reliably statistically analyze the thrips distribution characteristics.

Since 2023 (before the tests), we have been monitoring the thrips distribution in the greenhouse to exclude extreme locations from the comparative experiment. To do this, all traps were first hung without dispensers and counted after three days. These data turned out to be informative for analyzing the heterogeneity of the thrips distribution.

Experiment 08/28/2023, 34 traps were hung out in total. Three days later, the collected thrips were counted. The results are presented in Table 1 and Fig. 1.

Statistical processing for detection and rejection of outliers was performed using standard programs. Variance $D = 11.672$, Standard deviation $S = 3.416$. Average value with confidence interval for probability $P = 0.95 - 4.12 \pm 1.17$. Values are considered erroneous if they exceed deviation from average value by standard deviation multiplied by quartile, which depends on number of values and selected probability and is taken from table. Quartile for more than 30 measurements and probability of 0.95 has value close to $3.3 \times S = 10.26$, $4.12 \pm 10.26 = 14.38$. That is, value 17 should be rejected. After rejection, remaining results are recalculated. We get $D = 6.088$; $S = 3.416.3$. The mean value is 3.81 ± 0.86 , the permissible deviation is $3 \times S = 7.4$, $3.81 + 7.4 = 11.21$, therefore, the value 11 is included in the sample of values.

Experiment 17.06.2024, 40 traps were hung out in total. After 4 days, the collected thrips were counted. The results are presented in Table 2 and Fig. 2.

Statistical processing to identify and reject outliers. $D = 53.587$, $S = 7.32$. Average value 14.05 ± 2.27 . Outlier detection: $x_{av} + 3 \times S = 21.96 + 14.05 = 36.01$. That is, values 37 and 39 must be rejected. After rejection, the remaining results are recalculated. We get $D = 23.79$, $S = 4.88$. Average value 12.79 ± 1.55 , quartile $3 \times S = 14.63$; $12.79 + 14.63 = 27.42$, therefore, all other values are included in the sample of values.

After the first count, experimental dispensers with a synthetic attractant were hung on some traps. In Fig. 2, the denominator shows the results of insect counts after three days on 16 control traps (without dispensers).

Statistical processing of the results of catching for the next three days. $D = 12.6$, $S = 3.55$. Average value 6.75 ± 2.21 . For 16 results and probability of 0.95, the table value of the quartile $\tau = 2.52$. Identification of

Начиная с 2023 года (перед проведением испытаний) мы проводили мониторинг распределения трипсов в теплице, чтобы исключить экстремальные локации из сравнительного эксперимента. Для этого все ловушки сначала развешивали без диспенсеров и через три дня проводили подсчет. Эти данные оказались информативными для анализа неоднородности распределения трипсов.

Опыт 28.08.2023, всего было вывешено 34 ловушки. Через три дня был проведен подсчет отловленных трипсов. Результаты подсчета представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Статистическая обработка для выявления и выбраковки выпадающих результатов проводилась с помощью стандартных программ. Дисперсия $D = 11.672$ Среднеквадратичное отклонение $S = 3.416$. Среднее значение с доверительным интервалом для вероятности $P = 0.95$ 4.12 ± 1.17 . Ошибочными считают значения, превышающие отклонение от среднего значения на среднеквадратичное отклонение, умноженное на квартиль, который зависит от количества значений и выбранной вероятности и берется из таблицы. Квартиль для более чем 30 измерений и вероятности 0.95 имеет значение близко к $3.3 \times S = 10.26$; $4.12 \pm 10.26 = 14.38$. То есть значение **17** необходимо выбраковывать. После выбраковки оставшиеся результаты обсчитывают повторно. Получаем $D = 6.088$; $S = 3.416$. Среднее значение 3.81 ± 0.86 , допустимое отклонение $3 \times S = 7.4$, $3.81 + 7.4 = 11.21$, следовательно, значение 11 входит в выборку значений.

Опыт 17.06.2024, всего было вывешено 40 ловушек. Через 4 дня был проведен подсчет отловленных трипсов. Результаты подсчета представлены в табл. 2 и на рис. 2.

Статистическая обработка для выявления и выбраковки выпадающих результатов. $D = 53.587$, $S = 7.32$. Среднее значение 14.05 ± 2.27 . Выявление выбросов: $x_{cp} + 3 \times S = 21.96 + 14.05 = 36.01$. То есть значения **37** и **39** необходимо

Табл. 2. Распределение отловленных за 3 дня трипсов на ловушках, 14–17 июня 2024-го

Table 2. Distribution of thrips collected in traps over 3 days, June 14–17, 2024

№ п.п. №	Количество трипсов на ловушке Thrips number per trap	Количество ловушек с одинаковым количеством трипсов Number of traps with the same number of thrips
1	4	2
2	6	1
3	7	3
4	8	1
5	9	6
6	11	3
7	12	2
8	13	3
9	14	4
10	15	2
11	16	2
12	17	1
13	18	2
14	19	1
15	20	4
16	23	1
17	37	1
18	39	1

outliers: $x_{av} + \tau \times S = 6.75 + 2.52 \times 3.55 = 12.82$. That is, the value of 15 slightly exceeds the acceptable values of the sample. It should be noted that in the identified outbreaks with the capture of 37 and 39 thrips in the next three days, the capture did not differ from the average for the greenhouse, that is, the traps eliminated these areas with an increased density of insects. We would like to clarify that the focus of the pest mass re-

production is understood here as the territory where the pest reproduction begins in mass and from where they spread, covering new territories (Dedy, 1989). The average catch has also decreased by about half. Most likely, this is caused by a decrease in the number of adult thrips as a result of catching.

Confirmation of the high efficiency of thrips collection by traps can be found in the works (Murunde, 2023). Let us give a more detailed description of the experiment. The common beans *Phaseolus vulgaris* were grown in pots in isolated cages measuring 30 x 30 x 40 cm, then 10 or 20 western flower thrips and some entomophagous insects (for example, 0, 5, 10 and 15 pcs) were introduced into

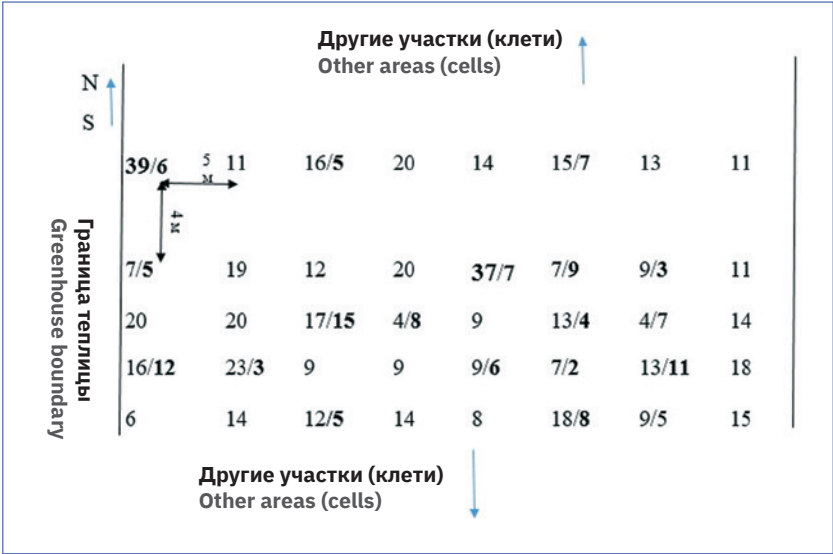


Рис 2. Распределение отловленных за три дня, с 14 по 17 июня 2024, трипсов на ловушках по площади в теплице. В знаменателе отлов за следующие три дня с 17 по 20 июня

Fig 2. Distribution of thrips collected in traps over three days, from June 14 to 17, 2024, by area in the greenhouse. The denominator is the catch over the next three days, from June 17 to 20

выбраковывать. После выбраковки оставшиеся результаты обсчитывают повторно. Получаем $D = 23,79$, $S = 4,88$. Среднее значение $12,79 \pm 1,55$, квартиль $3 \times S = 14,63$; $12,79 + 14,63 = 27,42$, следовательно, все остальные значения входят в выборку значений.

После первого подсчета на некоторые ловушки были вывешены экспериментальные диспенсеры с синтетическим аттрактантом. На рис. 2 в знаменателе приводятся результаты подсчета насекомых через три дня на 16 контрольных ловушках (без диспенсеров).

Статистическая обработка результатов отлова последующих трех дней. $D = 12,6$, $S = 3,55$. Среднее значение $6,75 \pm 2,21$. Для 16 результатов и вероятности 0,95 табличное значение квартиля $t = 2,52$. Выявление выбросов: $x_{cp} + t \times S = 6,75 + 2,52 \times 3,55 = 12,82$. То есть значения **15** незначительно выходит за рамки допустимых значений выборки. При этом следует обратить особое внимание, что в выявленных «очагах» с отловом 37 и 39 трипсов в следующие три дня отлов не отличался от среднего по теплице, то есть ловушками были ликвидированы эти участки с повышенной плотностью насекомых. Уточняем, что в качестве очага массового размножения вредителя здесь понимают территорию, на которой начинается размножение вредителей в массе и откуда они распространяются, охватывая новые территории (Дедю, 1989). Средний отлов также снизился примерно в два раза. Скорее всего, это вызвано снижением численности имаго трипсов в результате отлова.

Подтверждение высокой эффективности отлова трипсов ловушками можно найти в работах (Murunde, 2023). Приведем подробнее описание опыта. В изолированных сеткой клетках размером 30 x 30 x 40 см выращивали в горшках фасоль обыкновенную *Phaseolus vulgaris*, далее вносили в клетки 10 или 20 шт насекомых западного цветочного трипса и определенные количества (например, 0, 5, 10 и 15 шт) насекомых энтомофагов. Далее через 15 дней обрывали листья и устанавливали синие клеевые ловушки, считали количество пойманных трипсов через 6 дней. Нас интересует только количество пойманных трипсов в случае, когда не вводили энтомофагов. В случае, когда вводили 10 взрослых насекомых западного цветочного трипса, то отлов синими ловушками через 15 дней составлял в среднем от 8,25 до 9,75 шт. В случае, когда вводили 20 взрослых насекомых западного цветочного трипса, то отлов синими ловушками через 15 дней составлял от 12 до 17 шт в среднем. Как видно, отлавливается значительная часть популяции. Авторы предполагают, что количество не пойманных трипсов связано с естественной смертностью трипсов за 15 дней, что обосновано и говорит о том, что доля выловленных в этом опыте насекомых за 6 дней приближается к 100% от имеющихся в клетке.

Табл. 3. Распределение отловленных за три дня трипсов на ловушках, 4–7 сентября 2024-го

Table 3. Distribution of thrips collected in traps over three days, September 4–7, 2024

№ п.п. №	Количество трипсов на ловушке Thrips number per trap	Количество ловушек с одинаковым количеством трипсов Number of traps with the same number of thrips
1	0	1
2	1	6
3	2	3
4	3	7
5	4	6
6	5	3
7	6	4
8	8	4
9	9	1
10	10	1
11	14	2

the cages. 15 days later, the leaves were torn off and blue sticky traps were installed, the number of thrips caught was counted after 6 days. We are only interested in the number of thrips caught in the case when entomophages were not introduced. In the case when 10 adult western flower thrips were introduced, the capture with blue traps after 15 days averaged from 8.25 to 9.75 pcs. In the case where 20 adult western flower thrips were introduced, the capture with blue traps after 15 days was 12 to 17 on average. As can be seen, a significant part of the population is collected. The authors suggest that the number of uncaught thrips is

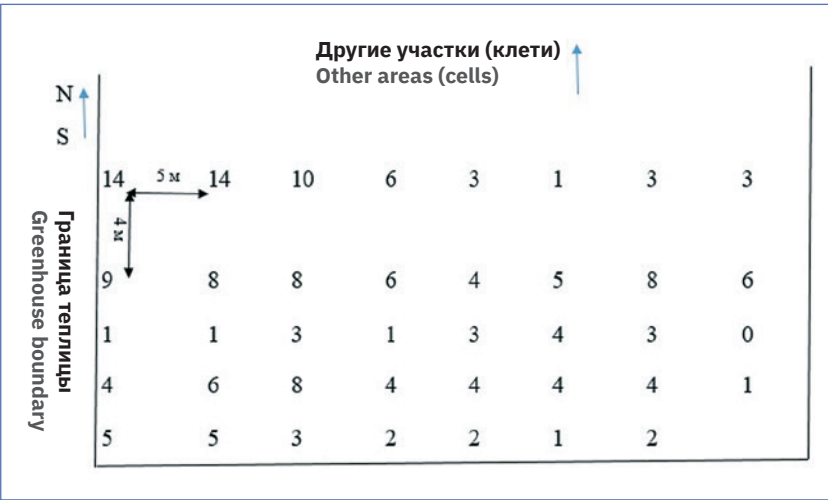


Рис 3. Распределение отловленных трипсов за три дня на ловушках по площади в теплице, 4–7 сентября 2024-го

Fig. 3. Distribution of collected thrips over three days in traps by area in a greenhouse, September 4–7, 2024



Рис. 4. Расположение ловушек для сравнительных опытов в теплице с хризантемами возрастом примерно 60 дней (фото А. Ю. Лобур)

Fig. 4. The arrangement of traps for comparative experiments in a greenhouse with chrysanthemums aged approximately 60 days (photo by A. Yu. Lobur)

Опыт 04.09.2024–07.09.2024, всего было вывешено 39 ловушек. Через 3 дня был проведен подсчет отловленных трипсов. Результаты подсчета представлены в табл. 3 и на рис. 3.

Статистическая обработка для выявления выпадающих результатов. $D = 11,33$, $S = 3,37$. Среднее значение $4,61 \pm 1,07$. Выявление выбросов: $x_{\text{ср}} + 3 \times S = 10,11 + 4,61 = 14,72$. В данном случае выбросов нет и все значения входят в выборку.

Из этих рисунков видно, что различия между отловом и соответственно между численностью трипсов в ближнем окружении около ловушек отличается в 1,5–8 раз, на расстоянии 4–5 м друг от друга, с тенденцией на увеличение количества трипсов со стороны основной части теплицы, где растут более возрастные растения или была срезка их, поэтому вероятно, что источник трипсов находится с этой стороны. Однако и в этом случае между соседними данными наблюдается устойчивая разница в значениях в 1,5–3 раза.

Это явление – наличия большой неравномерности плотности трипсов – много лет мешало нам правильно анализировать результаты проведения опытов по выявлению наиболее аттрактивных веществ и диспенсеров: влияние того факта, что ловушка находится в зоне, «очаге» с высокой плотностью вредителя, оказывается большим, нежели увеличение отлова за счет привлекательности диспенсера.

На наш взгляд, самой главной причиной существования небольшого количества зон со значительно более высоким количеством трипсов является очень низкая численность трипсов в начале

ассоциированной с естественной смертностью трипсов за 15 дней, что является обоснованным и указывает на то, что пропорция насекомых, пойманных в этом эксперименте за 6 дней, близка к 100% от тех, которые присутствуют в ловушке.

Эксперимент 04.09.2024–07.09.2024, 39 ловушек были повешены в общей сложности. Через 3 дня, пойманные трипсы были подсчитаны. Результаты подсчета представлены в табл. 3 и на рис. 3.

Статистическая обработка для выявления выбросов. $D = 11,33$, $S = 3,37$. Среднее значение $4,61 \pm 1,07$. Выявление выбросов: $x_{\text{ср}} + 3 \times S = 10,11 + 4,61 = 14,72$. В данном случае, нет выбросов и все значения включены в выборку.

Эти цифры показывают, что различия между поимкой и, соответственно, между количеством трипсов в непосредственной близости от ловушек различаются в 1,5–8 раз, на расстоянии 4–5 м друг от друга, с тенденцией к увеличению количества трипсов со стороны основной части теплицы, где растут более старые растения или были срезаны, поэтому вероятно, что источник трипсов находится с этой стороны. Однако, даже в этом случае, устойчивая разница в значениях в 1,5–3 раза наблюдается между соседними данными.

Это явление – наличие большой неравномерности плотности трипсов – мешает нам на протяжении многих лет правильно анализировать результаты экспериментов по выявлению наиболее привлекательных веществ и диспенсеров: влияние факта, что ловушка находится в зоне, очаге с высокой плотностью вредителя, оказывается большим, нежели увеличение поимки за счет привлекательности диспенсера.

На наш взгляд, самой важной причиной существования небольшого количества зон с



Рис. 5. Грядка с удаленными астрами, пораженными вирусом бронзовости томатов (фото А. Ю. Лобур)

Fig. 5. A bed with removed asters affected by Tomato spotted wilt virus (photo by A. Yu. Lobur)

сезона. Единичные экземпляры проявляют себя как колониеобразующая единица. Далее часть их потомства постепенно распространяется по всей теплице, но в местах первоначального «очага» еще долго сохраняется значительно более высокая плотность.

Других причин (факторов), которые могут привести к такому неравномерному распределению численности на исследуемом участке теплицы, нет: культура одна, сорт один, возраст один, агротехнические и агрохимические мероприятия одинаковые и равномерные на всей площади теплицы. Есть вероятность, что трипсы заселяют теплицу с улицы при проветривании (только в теплое время года) или попадают в нее с инструментом или с одеждой. При этом переживших межсезонье трипсов на некормовых объектах не может быть много, поскольку они долго не живут без растения хозяина (Ахатов, 2004) Занос в теплицу трипсов с завезенной рассадой, скорее всего, тоже носит единичный характер.

«Очаги» с большой плотностью трипсов чаще всего мы наблюдали в начале сезона, например в июне (см. табл. 2, рис. 2). В сентябре неравномерность плотности трипсов была менее выражена или отсутствовала (см. табл. 1 и 3).

Так как численность насекомых в начале инвазии или в начале вегетационного периода культуры очень низкая, несколько экземпляров насекомых на большом расстоянии друг от друга, то качественный их отлов (или другое уничтожение) приведет к очень эффективному снижению возможной в будущем численности трипсов в течение 1–2 поколений или 1–2 месяца. Это позволяет говорить о том, что ловушки с аттрактантом (если они достаточно эффективные) становятся полноценным методом борьбы с трипсами в теплицах, сохраняя при этом все свои главные преимущества: экологическую безопасность, невысокую стоимость и др. Эти же ловушки позволяют, во-первых, вовремя обнаружить увеличение численности трипсов и принять своевременное решение о применении биологических или химических препаратов, а во-вторых, аттрактанты, входящие в состав диспенсеров, изменяют поведение трипсов – они вылезают из укромных, скрытых мест (бутоны, влагалища листьев, почки и др.) и становятся более уязвимыми при обработке контактными инсектицидами и более доступны хищникам – энтомофагам, тем самым помогая бороться с вредителями.

Дополнительным подтверждением эффективности ловушек с аттрактантами в интегрированной защите от трипсов являются наши наблюдения в теплице с астрами площадью 6000 м² за три года. В 2022 и 2023 гг. мы ставили первую серию опытов в конце мая. При этом вывешивали от 40 до 80 ловушек. В течение всего сезона раз в 5 дней в теплице проводилась обработка биоинсектецидом «Фитоверм». При этом численность трипсов не превышала ЭПВ (экономический порог вредоносности). Примерное состояние растений представлено на рис. 4. В 2024 г. мы вывесили 40 ловушек 14 июня. К этому моменту уже произошел всплеск численности трипсов, который повлек распространение вируса бронзовости томатов и необходимости

а значительно higher thrips number is the very low thrips number at the beginning of the season. Single specimens manifest themselves as a colony-forming unit. Then, part of their offspring gradually spreads throughout the greenhouse, but in the places of the initial “focus”, a significantly higher density remains for a long time.

There are no other reasons (factors) that can lead to such an uneven distribution of numbers in the studied area of the greenhouse: the crop is one, the variety is one, the age is one, the agrotechnical and agrochemical measures are the same and uniform throughout the entire area of the greenhouse. It is possible that thrips populate the greenhouse from the street during ventilation (only in the warm season) or get into it with a tool or with clothing. At the same time, there cannot be many thrips that survive the off-season on non-feed objects, since they do not live long without a host plant (Akhatov, Izhevskiy, 2004). The introduction of thrips into the greenhouse with imported seedlings is most likely to be a single case.

We most often observed outbreaks with high thrips density at the beginning of the season, for example in June (Table 2, Fig. 2). In September, the unevenness of thrips density was less pronounced or absent (Tables 1 and 3).

Since the number of insects at the beginning of the invasion or at the beginning of the growing season of the crop is very low, several specimens of insects are at a large distance from each other, then their high-quality capture (or other elimination) will lead to a very effective reduction in the possible future thrips number within 1–2 generations or 1–2 months. This allows us to say that traps with an attractant (if they are effective enough) become a full-fledged method of controlling thrips in greenhouses, while maintaining all their main advantages: environmental safety, low cost, etc. First, these same traps allow firstly to timely detect an increase in the thrips number and make a timely decision on the use of biological or chemical preparations, and secondly, the attractants included in the dispensers change the behavior of thrips - they crawl out of secluded, hidden places (buds, leaf sheaths, etc.) and become more vulnerable to treatment with contact insecticides and more accessible to predators – entomophages, thereby helping to control pests.

Additional evidence of the effectiveness of traps with attractants in integrated thrips protection are our observations in a 6,000 m² greenhouse with asters over three years. In 2022 and 2023, we conducted the first series of experiments at the end of May. We hung out 40 to 80 traps. Throughout the season, the greenhouse was treated with the bioinsecticide Fitoverm once every 5 days. At the same time, the number of thrips did not exceed the ETH (economic threshold of harmfulness). The approximate condition of the plants is shown in Fig. 4. In 2024, we hung out 40 traps on June 14. By this time, there had already been a surge in the thrips number, which led to the spread of the Tomato spotted wilt virus and the need to eradicate a large number of affected plants (Fig. 5). At the same time, regular treatments with insecticides “Tsipi Plus”

уничтожения большого количества пораженных растений (см. рис. 5). При этом к обработкам биоинсектицидом в начале июня были добавлены регулярные обработки инсектицидами «Ципи плюс» и «Спинтор». И только после проведения еженедельной фумигации фосфином, начиная с начала июля, удалось взять под контроль увеличение численности трипсов. Конечно, возможно это совпадение, вызванное выработкой резистентности трипсов к применяемым препаратам. Тем не менее мы рекомендуем в начале сезона использовать клеевые ловушки, так как их цена значительно ниже возможного экономического ущерба.

Ранее нами было установлено, что диспенсеры с аттрактантами увеличивают отлов трипсов синими клеевыми ловушками в 6–10 раз (Лобур и др., 2024). Поэтому мы рекомендуем применять именно такие ловушки в сочетании с экологичными пестицидами, например биоинсектицидами. Кроме того, при выявлении с помощью ловушек «очагов» вредителя с высокой плотностью можно увеличить эффективность применения энтомофагов за счет выпуска их именно в места с повышенной плотностью трипсов. В этом случае энтомофаги будут обеспечены большей кормовой базой и лучше размножаться.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение ловушек с аттрактантами в начале вегетационного периода часто позволяет сдерживать численность трипсов ниже экономического порога вредоносности в системе интегрированной защиты, что позволяет минимизировать применение химических пестицидов и получать более экологически чистую продукцию.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках госзадания (тема «Совершенствование препаративной формы и разработка диспенсера для выявления и мониторинга западного цветочного трипса *Frankliniella occidentalis*», пер. № 123042500058-4.1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахатов А.К., Ижевский С.С. Вредители тепличных и оранжерейных растений. М.: Товарищ. научн. издан. КМК, 2004. – 307 с. 1.
2. Лобур А.Ю., Тодоров Н.Г., Ушкова М.В. Десятикратное увеличение отлова трипсов ловушками при применении диспенсеров с аттрактантами. Новый подход размещения ловушек в полевом опыте. XXV Ежегодная международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы экологии и природопользования» Москва, РУДН, Институт экологии, 26–28 апреля 2024. Сборник трудов XXV международной научно-практической конференции. Москва, 26–28 апреля 2024 г. Том 2. Москва. С. 144–150.
3. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. Кишинев: Главная редакция Молдавской советской энциклопедии. 1989, 406 с.
4. Россельхознадзор. Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 30 ноября 2016 г. № 158 «Об утверждении единого перечня карантинных объектов Евразийского экономического союза»

and “Spintor” were added to the bioinsecticide treatments at the beginning of June. And only after weekly fumigation with phosphine, starting from the beginning of July, was it possible to control the increase in the thrips number. Of course, this can be a coincidence caused by the development of the thrips resistance to the preparations used. Nevertheless, we recommend using sticky traps at the beginning of the season, since their price is significantly lower than the possible economic damage.

We have previously found that dispensers with attractants increase the catch of thrips with blue sticky traps by 6–10 times (Lobur et al., 2024). Therefore, we recommend using these traps in combination with environmentally friendly pesticides, such as bioinsecticides. In addition, when detecting high-density pest outbreaks with traps, the effectiveness of entomophages can be increased by releasing them in places with a high density of thrips. In this case, entomophages will be provided with a larger food supply and will reproduce better.

CONCLUSION

The use of traps with attractants at the beginning of the growing season often allows to keep the thrips number below the economic threshold of harmfulness in the integrated protection system, which allows to minimize the use of chemical pesticides and to obtain more environmentally friendly products.

FINANCING

The work was carried out within the framework of a state assignment (topic “Improvement of the formulation and development of a dispenser for the detection and monitoring of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis*”, reg. No.: 123042500058-4.1).

REFERENCES

1. Akhatov A.K., Izhevskiy S.S. (Eds) Pests of greenhouse and hothouse plants [Vrediteli teplichnykh i oranzhereynykh rasteniy]. Moscow: Tovarith. scientific. publ. KMK, 2004. – 307 p. [In Russ.]
2. Lobur A.Yu., Todorov N.G., Ushkova M.V. Tenfold increase in thrips catch by traps using dispensers with attractants. A new approach to trap placement in a field experiment [Desyatikratnoye uvelicheniye otlova tripsov lovushkami pri primenenii dispenserov s attraktantami. Novyy podkhod razmeshcheniya lovushek v polevom opyte]. XXV Annual International Scientific and Practical Conference “Actual Problems of Ecology and Nature Management” Moscow, RUDN, Institute of Ecology, April 26–28, 2024. Proceedings of the XXV International Scientific and Practical Conference. Moscow, April 26–28, 2024. Volume 2. Moscow. P. 144–150. [In Russ.]
3. Dediu I.I. Ecological Encyclopedic Dictionary [Ekologicheskiy entsiklopedicheskiy slovar]. Chisinau: Main Editorial Board of the Moldavian Soviet Encyclopedia. 1989, 406 p. [In Russ.]
4. Rosselkhoz nadzor. Decision of the Council of the Eurasian Economic Commission of November 30, 2016 No. 158 “On approval of a single list of quarantine pests of the Eurasian Economic Union”

[Электронный ресурс]. URL: <https://fsvps.gov.ru/files/reshenie-soveta-evrazijskoj-jekonomich-7/> (дата обращения: 14.11.2024).

5. Murunde R.W. Biological control of western flower thrips, (*Frankliniella occidentalis* Thysanoptera: Thripidae: *Frankliniella*) in french beans using plant and soil dwelling mite Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, 2023. P. 32–35.

6. Sampson C. Management of the western flower trips on strawberry. Thesis submitted for the degree of PhD. Keele University, 2014. 278 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Тодоров Николай Георгиевич, старший научный сотрудник – руководитель отдела синтеза и применения феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, ул. Пограничная, 32, Московская обл., Россия; ORCID 0000-0002-8990-3411, e-mail: todor-kol@mail.ru

Соловьев Александр Александрович, доктор биологических наук, профессор РАН, заместитель директора ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия;

ORCID 0000-0003-4480-8776, e-mail: solovievaa@vniikr.ru

Лобур Александр Юрьевич, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории синтеза феромонов ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, ул. Пограничная, 32, Московская обл., Россия; ORCID 0000-0003-2642-1324, e-mail: alex-lobur@yandex.ru

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

[Electronic resource]. URL: <https://fsvps.gov.ru/files/reshenie-soveta-evrazijskoj-jekonomich-7/> (last accessed: 14.11.2024). [In Russ.]

5. Murunde R.W. Biological control of western flower thrips, (*Frankliniella occidentalis* Thysanoptera: Thripidae: *Frankliniella*) in french beans using plant and soil dwelling mite. Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, 2023: 32–35.

6. Sampson C. Management of the western flower trips on strawberry. Thesis submitted for the degree of PhD. Keele University, 2014. 278 p.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nikolai Todorov, Senior Researcher, Head of the Department of Pheromones Synthesis and Application, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, 32 Pogradichnaya St., Moscow Oblast, Russia; ORCID 0000-0002-8990-3411, e-mail: todor-kol@mail.ru

Aleksandr Soloviev, Doctor of Advanced Studies in Biology, Professor, Professor of the RAS, Deputy Director of FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; ORCID 0000-0003-4480-8776, e-mail: solovievaa@vniikr.ru

Aleksandr Lobur, PhD in chemistry, Senior Researcher, Pheromones Synthesis Laboratory, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, 32 Pogradichnaya St., Moscow Oblast, Russia; ORCID 0000-0003-2642-1324, e-mail: alex-lobur@yandex.ru

Oksana Shirokova, Agronomist, Pheromones Synthesis and Application Laboratory, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, 32 Pogradichnaya St., Moscow Oblast, Russia; ORCID 0009-0006-5705-2129, e-mail: oksanash84@mail.ru

История распространения и меры сдерживания амброзии полыннолистной на полуострове Крым

* ЦИНКЕВИЧ Н.В.¹, КУЛАКОВА Ю.Ю.²

¹ ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), г. Симферополь, Республика Крым, Россия, 295494

² ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150

¹ ORCID 0000-0003-3774-3548,
e-mail: duna8888@mail.ru

² ORCID 0000-0002-9973-7584,
e-mail: thymus73@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.) – инвазивное растение североамериканского происхождения, широко расселившееся по всему миру в результате хозяйственной деятельности человека и расширения торговых путей в XX веке (Essl et al., 2015; Genton et al., 2005; Hejda et al., 2009). В статье представлен обзор сведений о распространении *A. artemisiifolia* в Крыму, составленный на основе отчетов пограничных госинспекций, Крымской лаборатории по карантину растений и собственных исследований. Вид способен произрастать в широком ряду экологических условий, но чаще заселяет нарушенные местообитания (обочины автомобильных дорог, железнодорожные пути, обрабатываемые земли, пастбища, свалки, пустыри) (Абрамова, 1997; Bassett et al., 1975). Многочисленные современные научные исследования прогнозируют существенное расширение ареала амброзии полыннолистной в условиях изменения климата (Rasmussen et al., 2017; Афонин и др., 2022a; Афонин и др., 2022b; Qin et al., 2014). В Крыму *A. artemisiifolia* была впервые обнаружена в середине 50-х годов XX века. Однако, несмотря на применяемые меры борьбы, площадь ее распространения продолжает неуклонно увеличиваться. По данным отчетов Крымской лаборатории по карантину растений, зона распространения амброзии выросла с 0,5 (1954 г.) до 1300 га (1990 г.). В настоящее время на фоне благоприятного экономического развития территории Крыма наблюдается массовое распространение *A. artemisiifolia*. Данная ситуация вызывает серьезную озабоченность как на федеральном, так и на региональном уровне, что стимулирует активный поиск и внедрение современных методов борьбы с этим опасным карантинным растением (Распоряжение Совета министров, 2018).

History of the spread and control measures for common ragweed in Crimea

* NIKOLAY V. TSINKEVICH¹,
JULIANA Y. KULAKOVA²

¹ Federal State Budgetary Institution “All-Russian Plant Quarantine Center” (FGBU “VNIICR”), Simferopol, Republic of Crimea, Russia, 295494

² Federal State Budgetary Institution “All-Russian Plant Quarantine Center” (FGBU “VNIICR”), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150

¹ ORCID 0000-0003-3774-3548,
e-mail: duna8888@mail.ru

² ORCID 0000-0002-9973-7584,
e-mail: thymus73@mail.ru

ABSTRACT

Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) is an invasive plant of North American origin that has spread widely throughout the world as a result of human economic activity and the expansion of trade routes in the 20th century (Essl et al., 2015; Genton et al., 2005; Hejda et al., 2009). The article presents an overview of *A. artemisiifolia* distribution in Crimea, compiled on the basis of reports from the Border State Inspectorates, the Crimean Plant Quarantine Laboratory and our own research. The species can grow in a wide range of environmental conditions, but more often inhabits disturbed habitats (road shoulders, railways, cultivated land, pastures, landfills, wastelands) (Abramova, 1997; Bassett et al., 1975). Numerous modern scientific studies predict a significant expansion of the common ragweed range under climate change (Rasmussen et al., 2017; Afonin et al., 2022a; Afonin et al., 2022b; Qin et al., 2014). In Crimea, *A. artemisiifolia* was first detected in the mid-1950s. However, despite the control measures taken, the area of its distribution continues to steadily increase. According to the Reports of the Crimean Plant Quarantine Laboratory, the distribution area of common ragweed has increased from 0.5 ha (1954) to 1,300 ha (1990). Currently, a massive spread of *A. artemisiifolia* is observed against the background of favorable economic development of the territory of Crimea. This situation is of serious concern at both the federal and regional levels, which stimulates the active search for and implementation of modern techniques to control this dangerous quarantine plant (Order of the Council of Ministers, 2018).

Ключевые слова. *Ambrosia artemisiifolia* L., карантинный объект, фитосанитарный мониторинг, фитосанитарные меры, биобезопасность, Республика Крым, трасса «Таврида».

ВВЕДЕНИЕ



Крым – полуостров общей площадью около 27 тыс. км², это территория с богатой флорой и фауной, ресурсами, курортно-оздоровительным туризмом, относительно сухим климатом и исключительно благоприятным сочетанием морского воздуха с гомеопатическим воздействием выделений хвойных растений, произрастающих в горах. Полуостров находится в северной части Черного моря, с северо-востока омывается Азовским морем. Климат на большей части территории полузасушливый, теплый, с очень мягкой зимой, с теплым вегетационным периодом. Средняя годовая температура: 10,6...11,3 °C. Самые холодные месяцы – январь и февраль (0,3 °C); самые жаркие – июль и август (20...21 °C) (Справочно-информационный портал, 2021). Такие мягкие климатические условия создают благоприятные условия для произрастания и распространения чужеродных видов растений. Также обострению инвазионных процессов способствовало интенсивное хозяйственное освоение Крымского полуострова, особенно усилившееся с начала XVIII века. За последние годы на территории полуострова было выявлено в общей сложности 366 чужеродных видов растений, многие из которых уже успешно натурализовались (Багрикова и др., 2013, Багрикова и др., 2021). Амброзия полыннолистная известна не только своей высокой инвазионной активностью, но и тем, что представляет серьезную угрозу здоровью людей, вызывая сезонную аллергию. Кроме того, это конкурентоспособный сорняк, умеющий снижать урожайность культурных растений, что требует принятия эффективных мер для контроля численности.

Амброзия полыннолистная – растение с выраженной фотопериодической реакцией, зацветающее в конце лета при сокращении длины дня (растение короткого дня). Внешним сигналом перехода амброзии к цветению является определенное пороговое значение длины дня. Продолжительность вегетационного периода составляет 115–183 дня. Цветение на территории европейской части России начинается с конца июля. Период вегетации продолжается до поздней осени (Toole and Brown, 1946; Bazzaz, 1970, Baskin and Baskin, 1980, Kazinczi et al., 2008 (Б); Москаленко, 2001).

В России *A. artemisiifolia* статус опасного и агрессивного сорного растения был присвоен в 1940 г. (Reznik, 2009). В 2016 г. амброзия полыннолистная была включена в ЕПКО ЕАЭС в статусе ограниченного распространенного объекта (ФГБУ «ВНИИКР», 2023).

Key words: *Ambrosia artemisiifolia* L., quarantine pest, phytosanitary monitoring, phytosanitary measures, biosafety, Republic of Crimea, Tavrida highway.

INTRODUCTION

Crimea is a peninsula with a total area of about 27 thousand km², a territory with rich flora and fauna, resources, resort and health tourism, a relatively dry climate and an exceptionally favorable combination of sea air with the homeopathic effect of the secretions of coniferous plants growing in the mountains. The peninsula is located in the northern part of the Black Sea, washed by the Sea of Azov from the north-east. The climate in most of the territory is semi-arid, warm, with very mild winters, with a warm growing season. The average annual temperature is 10.6...11.3 °C; the coldest months are January and February – 0.3 °C, the hottest are July and August – 20...21 °C (Reference and Information Portal, 2021). Such mild climatic conditions create favorable conditions for the growth and spread of alien plant species. The aggravation of invasive processes was also facilitated by the intensive economic development of the Crimean Peninsula, which especially intensified from the beginning of the 18th century. In recent years, a total of 366 alien plant species have been detected on the peninsula, many of which have already successfully been adapted (Bagrikova et al., 2013, Bagrikova et al., 2021). Common ragweed is known not only for its high invasive activity, but also for posing a serious threat to human health, causing seasonal allergies. In addition, it is a competitive weed that can reduce the yield of cultivated plants, which requires effective measures to control the population.

A. artemisiifolia is a plant with a pronounced photoperiodic reaction, blooming in late summer when the length of the day is reduced (short-day plant). An external signal for the transition of ragweed to flowering is a certain threshold value of the length of the day. The duration of the vegetation period is 115–183 days. Flowering in the European part of Russia begins in late July. The vegetation period continues until late autumn (Toole and Brown, 1946; Bazzaz, 1970, Baskin and Baskin, 1980, Kazinczi et al., 2008 (B); Moskalenko, 2001).

In Russia, *A. artemisiifolia* was assigned the status of a dangerous and aggressive weed in 1940 (Reznik, 2009). In 2016, common ragweed was included in the Common List of Quarantine Pests of the EAEU as limitedly present (FGBU “VNIICR”, 2023).

According to the results of the research by S.N. Zhaldak, it is indicated that the species successfully adapts to the new edaphic-climatic conditions of the Crimean foothills (Zhaldak, 2011).

По результатам исследований С. Н. Жалдака указывается, что вид успешно адаптируется в новых эдафоклиматических условиях Предгорного Крыма (Zhaldak, 2011).

Целью исследования является изучение исторических аспектов, которые способствовали расселению амброзии полыннолистной по региону в прошлом и нынешнем столетии, а также изучение того, какие проводились мероприятия для сдерживания распространения карантинного вредного организма.

Материалами для исследований послужили: отечественные фитосанитарные справочники, отчеты пограничных госинспекций, административных комиссий, Крымской лаборатории по карантину растений разных лет, результаты собственных исследований и наблюдений.

ОБСУЖДЕНИЕ

С самого начала вселения сорняка карантинной службой Крымской области проводились обследования посевов сельскохозяйственных культур и земельных угодий на выявление амброзии полыннолистной. Первые обнаружения амброзии полыннолистной на территории Крыма, зафиксированные службой карантина растений, известны с 1954 г. Единичные экземпляры сорняка нашли на территории личного подсобного хозяйства площадью 0,5 га в г. Симферополе (Осенний и др., 2019).

Уже начиная с 1960-х гг. амброзию полыннолистную начинают выявлять локально в различных частях полуострова. Много мелких очагов было обнаружено в окрестностях г. Симферополя, например очаг в пос. Заводском, разрастающиеся очаги в Советском районе у железнодорожной станции Краснофлотская.

Вскоре в соответствии с Указом Президиума Верховного Совета РСФСР от 26.04.1962 «Об усилении борьбы с сорняками» была внедрена государственная система контроля по оценке эффективности мер борьбы с карантинными сорняками (Указ, 1962). Согласно отчетам административных комиссий о мерах, принятых в отношении лиц, нарушивших правила борьбы с карантинными сорняками, было привлечено к ответственности 49 человек, из них подвергнуто штрафу 23 должностных лица, среди которых директора опытных хозяйств, управляющие совхозов, председатели колхозов, агрономы и др. Размер штрафа варьировал от 5–30 рублей (Годовой отчет... 1962). В 1962 г. карантинной службой были организованы обследования на территории четырех административных районов на общей площади 316757,8 га. В итоге были проведены мероприятия по уничтожению карантинного сорняка *Ambrosia artemisiifolia* на площади 45,655 га (под очагами 13,866 га) в Симферопольском (14,8 га), Советском (5 га), Джанкойском (25,85), Красноперекопском (0,005 га) районах. Согласно данным лаборатории Госинспекции по карантину растений МСХ СССР по Крымской области, ликвидация очагов проводилась механическим способом на площади 10,856 га путем ручной прополки или методом перекопки почвы на глубину 25–30 см, а также химическим способом с помощью баковой смеси (2,4-Д (13,3 кг/га) с аммиачной селитрой (13,3 кг/га)) на площади 3,01 га.

The aim of the study is to study the historical aspects that contributed to the spread of common ragweed in the region in the past and present centuries, as well as what measures were taken to contain the spread of the quarantine pest.

The materials for the research include: Russian phytosanitary reference books, reports of the Border State Inspectorates, administrative commissions, the Crimean Plant Quarantine Laboratory of different years; the results of our own research and observations.

DISCUSSION

From the very beginning of the weed's introduction, the quarantine service of the Crimean region conducted surveys of agricultural crops and lands to identify common ragweed. Common ragweed was first detected in Crimea in 1954, according to the reports by the plant quarantine service. Single specimens of the weed were detected on the territory of a private subsidiary farm with an area of 0.5 ha in the city of Simferopol (Osenniy et al., 2019).

Since the 1960s, ragweed has been detected locally in various parts of the peninsula. Many small outbreaks have been detected in the vicinity of the city of Simferopol, for example, an outbreak in the village of Zavodskoy, and growing outbreaks in the Sovetsky district near the Krasnoflotskaya railway station.

Soon, in accordance with the Decree of the Presidium of the Supreme Soviet of the RSFSR of 26.04.1962 "On Strengthening the Fight against Weeds", a state control system was introduced to assess the effectiveness of measures to control quarantine weeds (Decree, 1962). According to the reports of administrative commissions on measures taken against persons who violated the rules for controlling quarantine weeds, 49 people were held accountable, of which 23 officials were fined, including directors of experimental farms, managers of state farms, chairmen of collective farms, agronomists, etc. The amount of the fine varied from 5–30 rubles (Annual Report... 1962). In 1962, the quarantine service organized surveys in four administrative districts over a total area of 316,757.8 ha. As a result, measures were taken to eradicate the quarantine weed *Ambrosia artemisiifolia* on an area of 45.655 ha (under the outbreaks 13.866 ha) in the Simferopol (14.8 ha), Sovetsky (5 ha), Dzhanikoysky (25.85 ha), Krasnoperekopsky (0.005 ha) districts. According to the data of the laboratory of the State Inspectorate for Plant Quarantine of the USSR Ministry of Agriculture for the Crimean Region, the elimination of outbreaks was carried out mechanically on an area of 10.856 ha by manual weeding or by digging the soil to a depth of 25–30 cm, as well as chemically using a tank mixture (2,4-D (13.3 kg / ha) with ammonium nitrate (13.3 kg / ha)) on an area of 3.01 ha.

According to the Crimean Plant Quarantine Laboratory, in 1967, the control of common ragweed was carried out on an area of 61.9 ha in the cities of Dzhanikoy, Kerch, Simferopol, as well as the Dzhanikoy, Krasnoperekopsk and Sovetsky districts. The total

По данным Крымской лаборатории по карантину растений в 1967 г. борьба с амброзией полыннолистной проводилась на площади 61,9 га в городах Джанкое, Керчи, Симферополе, а также Джанкойском, Красноперекопском и Советском районах. При этом общая площадь очагов *A. artemisiifolia* составила 25,3 га. В 1969 г. амброзия полыннолистная была обнаружена в 4 районах, 3 городах, 8 населенных пунктах, в 42 хозяйствах на общей площади 31,65 га (Отчет о работе лаборатории Госинспекции... 1969). Через два года площадь заражения амброзией полыннолистной значительно расширилась и составила 77,075 га. Обследования проводились в 5 районах и 3 городах, 46 общественных и 514 индивидуальных хозяйствах. При этом площадь выявленных очагов этого карантинного растения составила 33,39 га. Кроме того, были обнаружены новые очаги *A. artemisiifolia* в г. Керчи на пустыре за маслозаводом и в пос. Аршинцево на огородах железнодорожного комбината на площади 5 га, в пос. Красногвардейском во дворе районного отделения «Сельхозтехника» и в районе пляжа на Северо-Крымском канале на площади 0,35 га. В Красноперекопском районе в селе Воинка на пустыре за хлебокомбинатом площадь заражения составила 1,7 га. Для борьбы с очагами амброзии полыннолистной был применен комплексный подход, включающий химические и агротехнические мероприятия. Химическая обработка проводилась с применением препаратов на основе 50% СП симазина с 1% нитрофеном, при норме расхода на га – 10 и 100 кг соответственно. Всего химическим способом было обработано 48,32 га. С помощью агротехнических и механических способов проведена борьба с амброзией на площади в 75,8 га. При этом использовался следующий агротехнический прием – послойная культивация с последующей вспашкой. Также применялись механические способы борьбы с сорняком с помощью междурядной обработки (цаповка мотыгой, ручная прополка) и скашивания по мере отрастания (Отчет о работе Крымской лаборатории... 1971).

По состоянию на 1979 г. официально зарегистрированная площадь, засоренная *A. artemisiifolia*, составляла 216,03 га. С целью выявления амброзии полыннолистной было проведено обследование на площади 72 833 га. Новые очаги были выявлены в Кировском районе, в совхозе «Красный луч», на площади 5 га; в Симферополе, в зоне Центрального аэропорта, – 0,2 га; в воинской части г. Саки – 0,5 га. Расширились очаги в окрестностях городов Феодосии и Керчи, а также некоторых железнодорожных станций. Было отмечено, что источником распространения сорняка являются необрабатываемые и залежные земли. Борьба с сорняком проводилась химическими и агротехническими методами на площади 227,44 га. Агротехническим способом было обработано 57,54 га, химическим – 154,7 га. В последнем случае чаще использовали 2,4-Д и атразин (см. рис.1). Согласно указу «Об усилении борьбы с сорняками» с целью предупреждения распространения карантинных сорняков был осуществлен контроль в 95 хозяйствах на площади 1123 га. Было предоставлено 212 материалов о нарушителях, из которых 128 направлено на рассмотрение административных комиссий сельских

area of *A. artemisiifolia* outbreaks was 25.3 ha. In 1969, common ragweed was detected in 4 districts, 3 cities, 8 populated areas, and 42 farms on a total area of 31.65 ha (Report on the work of the State Inspectorate laboratory... 1969). Two years later, the area of common ragweed infestation had significantly expanded and amounted to 77.075 ha. Surveys were conducted in 5 districts and 3 cities, 46 public and 514 individual farms. The area of the detected outbreaks of this quarantine plant was 33.39 ha. In addition, new *A. artemisiifolia* outbreaks were reported in the city of Kerch on a vacant lot behind a butter factory and in the village of Arshintsevo on the vegetable gardens of an iron ore plant on an area of 5 ha. In the village of Krasnogvardeyskoye in the courtyard of the district office of Selkhoztekhnika and in the area of the beach on the North Crimean Canal on an area of 0.35 ha. In the Krasnoperkopsk district in the village of Voinka on a vacant lot behind a bakery, the area of infection was 1.7 ha. To control common ragweed outbreaks, an integrated approach was used, including chemical and agrotechnical measures. Chemical treatment was carried out using preparations based on 50% SP simazine with 1% nitrofen, at a consumption rate of 10 kg and 100 kg per hectare, respectively. A total of 48.32 ha were treated chemically. Using agrotechnical and mechanical methods, ragweed was controlled on an area of 75.8 ha. The following agrotechnical methods were used: layered cultivation followed by plowing. Mechanical methods of weed control were also used using inter-row cultivation (hoeing, manual weeding) and mowing as it grew (Report on the work of the Crimean laboratory... 1971).

As of 1979, the officially registered area infested with *A. artemisiifolia* amounted to 216.03 ha. An area of 72,833 ha was surveyed in order to detect common ragweed. New outbreaks were detected in the Kirovsky District, in the Krasny Luch state farm, on an area of 5 ha; in Simferopol, in the area of the Central Airport – 0.2 ha; in the military unit of the city of Saki – 0.5 ha. The outbreaks expanded in the vicinity of the cities of Feodosia and Kerch, as well as some railway stations. It was noted that the source of the weed spread are uncultivated and fallow lands. Weed control was carried out using chemical and agrotechnical methods on an area of 227.44 ha. 57.54 ha were treated with agrotechnical methods, 154.7 ha with chemical ones. In the latter case, 2,4-D and atrazine were used more often (see Fig. 1). According to the Decree... “On Strengthening the Fight against Weeds”, in order to prevent the spread of quarantine weeds, control was carried out in 95 farms on an area of 1123 ha. 212 materials on violators were provided, of which 128 were sent for consideration by administrative commissions of village councils and district executive committees (Report on the work of the Crimean laboratory... 1979).

According to official data, as of the end of 1980, the total area infested with common ragweed in Crimea had more than doubled compared to the previous year and amounted to 455.9 ha. In order to detect *A. artemisiifolia*, 3 districts, 1 city, 23 settlements, and 33 state agricultural organizations were surveyed on

советов и райисполкомов (Отчет о работе Крымской лаборатории... 1979).

По официальным данным, на конец 1980 г. общая площадь засорения амброзией полыннолистной в Крыму возросла более чем в два раза по сравнению с прошлым годом и составила 455,9 га. С целью выявления *A. artemisiifolia* было обследовано 3 района, 1 город, 23 населенных пункта, 33 государственные сельскохозяйственные организации на общей площади 43 433 га. Впервые были выявлены очаги амброзии в Белогорском и Первомайском районах. Истребительные мероприятия проводились агротехническим методом на площади 196,98 га, а также химическим на площади 227,75 га, преимущественно с помощью системных гербицидов (2,4-Д и атразин). Согласно указу «Об усилении борьбы с сорняками» с целью предупреждения распространения карантинных сорняков был осуществлен контроль в 89 хозяйствах на площади 1050 га. В результате было предоставлено 547 материалов о нарушителях, из них 194 направлено на рассмотрение административных комиссий сельских органов государственной власти (Отчет о работе Крымской лаборатории... 1980).

В 1981 г. официально зарегистрированная площадь засорения под амброзией составляла 455,494 га. С целью выявления амброзии полыннолистной было обследовано 3 района, 37 населенных пунктов, 19 хозяйств на общей площади 82 250 га. Отмечается расширение очагов в Кировском районе, в колхозе «Красный луч», на 3,2 га и в г. Симферополе на 15,2 га. Зарегистрированы новые очаги в Красногвардейском районе: в селах Привольном, Долинка, Новопавловка, на общей площади 4,2 га, а также в Ленинском районе на общей площади 6,5 га. Мероприятия по ликвидации *A. artemisiifolia* проводились химическим методом (2,4-Д и атразин) на площади 322,66 га, агротехническим – 190,63 га. Согласно указу «Об усилении борьбы с сорняками» с целью предупреждения распространения карантинных сорняков был осуществлен контроль в 172 хозяйствах на площади 1901,7 га. Было предоставлено 164 материала о нарушителях, из них 78 было подано на рассмотрение административных комиссий сельских органов государственной власти (Отчет о работе Крымской лаборатории... 1981).

В 1984 г. официально зарегистрированная площадь засорения под амброзией полыннолистной составляла 653,224 га в 13 районах и 4 городах. Истребительные мероприятия проводились химическим методом на площади 349,37 га, агротехническим – 392 га (Отчет о работе Крымской лаборатории... 1984). В 1985 г. фиксируются новые очаги *A. artemisiifolia* на площади 61,78 га, а также отмечается расширение старых очагов. Распространение амброзии отмечается в 13 районах и городах на общей площади 846,75 га. Истребительные мероприятия проводились химическим методом на площади 514 га, агротехническим – 176 га (Отчет о работе Крымской лаборатории... 1985).



Рис. 1. Химическая обработка посевов, зараженных *A. artemisiifolia* (фото из архива музея НМО в г. Симферополе ФГБУ «ВНИИКР»)

Fig. 1. Chemical treatment of crops infected with *A. artemisiifolia* (photo from the archive of the RMD museum in Simferopol, FGBU «VNIKR»)

a total area of 43,433 ha. For the first time, ragweed outbreaks were reported from Belogorsk and Pervomaysky districts. Eradication measures were carried out using agrotechnical methods on an area of 196.98 ha, and chemical methods on an area of 227.75 ha, primarily using systemic herbicides (2,4-D and atrazine). According to the Decree... “On Strengthening the Fight against Weeds,” in order to prevent the spread of quarantine weeds, control was carried out in 89 farms on an area of 1,050 ha. As a result, 547 materials on violators were provided, of which 194 were sent for consideration to administrative commissions of rural government bodies (Report on the work of the Crimean laboratory... 1980).

In 1981, the officially registered area of ragweed contamination was 455,494 ha. Three districts, 37 settlements, and 19 farms on a total area of 82,250 ha were surveyed to detect common ragweed. An expansion of outbreaks was noted in the Kirovsky District, on the Krasny Luch collective farm, by 3.2 ha, and in the city of Simferopol by 15.2 ha. New outbreaks were registered in the Krasnogvardeysky District: in the villages of Privolnoye, Dolinka, Novopavlovka, on a total area of 4.2 ha, and in the Leninsky District, on a total area of 6.5 ha. Measures to eradicate *A. artemisiifolia* were taken using a chemical method (2,4-D and atrazine) on an area of 322.66 ha, and an agrotechnical method – 190.63 ha. According to the Decree... “On Strengthening the Fight against Weeds”, in order to prevent the spread of quarantine weeds, control was carried out in 172 farms on an area of 1901.7 ha. 164 materials on violators were provided, of which 78 were submitted for consideration by administrative commissions of rural government bodies (Report on the work of the Crimean laboratory... 1981).

In 1984, the officially registered area of common ragweed infestation was 653.224 ha in 13 districts and 4 cities. Eradication measures were carried



Рис. 2. Сотрудники Станции защиты растений в Крыму (конец 80-х гг. XX века)

Fig. 2. Employees of the Plant Protection Station in Crimea (late 1980s)

В 1988 г. распространение *A. artemisiifolia* значительно увеличивается и отмечается на общей площади 1700,9 га. Истребительные мероприятия проводились химическим методом на площади 900,6 га, агротехническим – 800,3 га (Отчет о работе Крымской лаборатории... 1988). Коллектив Станции защиты растений Крыма представлен на рис. 2.

По данным отчета Пограничной госинспекции по карантину растений по Крымской области за 1990 г., площадь распространения амброзии полыннолистной охватывала 12 районов, 7 городов, 161 населенный пункт, 249 хозяйств и 1620 приусадебных участков на площади 1322,68 га (в том числе земли колхозов – 1263,21 га; земли приусадебных участков – 59,47 га). Истребительные мероприятия проводились химическим методом на площади 753,33 га, агротехническим 668,33 га. (Годовой отчет о работе лаборатории. Пограничная Госинспекция... 1990).

Анализ ежегодных отчетов Государственной инспекции по карантину растений за 1960–1990 гг. свидетельствует о проводимой целенаправленной работе по организации обследовательских мероприятий территории Крымской области на наличие амброзии полыннолистной и по борьбе с ней.

Таким образом, к началу 1990-х гг. общая площадь засоренных земель составляла более 1300 га, что, вероятно, связано с недостаточно эффективными мерами борьбы, применяемыми по локализации существующих очагов, а также с постоянным заносом амброзии в составе партий продовольственных грузов. Так, плоды амброзии полыннолистной регулярно выявлялись в составе партий различных видов продукции импортного происхождения (зерно кукурузы, пшеница, соевый шрот, гречневая крупа) из США, Франции, ГДР. В то же время фиксировались обнаружения сорняка в отечественных грузах, поступающих из других

out using chemical methods on an area of 349.37 ha, and agrotechnical methods on 392 ha (Report on the work of the Crimean laboratory... 1984). In 1985, new *A. artemisiifolia* outbreaks were reported on an area of 61.78 ha, and an expansion of old outbreaks was also noted. The spread of common ragweed was noted in 13 districts and cities on a total area of 846.75 ha. Eradication measures were carried out using chemical methods on an area of 514 ha, and agrotechnical methods on 176 ha (Report on the work of the Crimean laboratory... 1985).

In 1988, the distribution of *A. artemisiifolia* increased significantly and was observed on a total area of 1,700.9 ha. Extermination measures were carried out using chemical methods on an area of 900.6 ha, and agrotechnical methods on 800.3 ha (Report on the work of the Crimean laboratory... 1988). The staff of the Crimean Plant Protection Station is shown in Fig. 2.

According to the report of the State Border Inspectorate for Plant Quarantine in the Crimean Region for 1990, the area of distribution of common ragweed covered 12 districts, 7 cities, 161 settlements, 249 farms and 1620 household plots on an area of 1322.68 ha (including collective farm lands – 1263.21 ha; household plot lands – 59.47 ha). Eradication measures were carried out using chemical methods on an area of 753.33 ha, and agrotechnical methods on 668.33 ha. (Annual report on the work of the laboratory. State Border Inspectorate... 1990).

An analysis of the annual reports of the State Plant Quarantine Inspectorate for 1960–1990 shows that targeted work was carried out to organize survey activities in the Crimean region for the presence of common ragweed and to control it.

областей (Годовой отчет о работе лаборатории. Пограничная Госинспекция... 1990).

В 1999 г. распространение амброзии полыннолистной вновь возрастает и отмечается на общей площади 2173,74 га (Карантинное фитосанитарное... 2000), а по прошествии 9 лет площадь, занимаемая амброзией, увеличилась в 6,5 раза – 13 973 га (Справочник... 2009).

В 2016 г. по результатам фитосанитарного мониторинга, проводимого инспекторами Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору на территории Республики Крым, были установлены карантинные фитосанитарные зоны по амброзии полыннолистной на общей площади 132 559,2 га (Национальный доклад, 2018).

В период с 2019 по 2022 г. в большинстве районов наблюдалась небольшая положительная динамика в расширении площадей, занимаемых сорняком, но уже к 2024 г. в ряде районов эти показатели стали снижаться.

Множественные очаги *A. artemisiifolia* L. по-прежнему наблюдаются по краям обочин трассы «Таврида», практически на всем ее протяжении. Учитывая, что транспортные коридоры способствуют расселению карантинного организма на близлежащие территории, в том числе в сеgetальные местообитания, необходимо обеспечение высокого уровня защитных мероприятий против нее (см. рис. 3).

Наблюдавшееся резкое увеличение роста площадей сорняка вызвано рядом причин. С одной стороны, этому способствовало изменение транспортной логистики региона. Во-вторых, стала применяться новая методика учета засоренных земель карантинными объектами, актуальная в Российской Федерации. В-третьих, начиная с 2017 г. началось развитие дорожной инфраструктуры региона

Thus, by early 1990s, the total area of infested lands was more than 1,300 ha, which is probably due to insufficiently effective control measures used to localize existing outbreaks, as well as the constant introduction of ragweed in food cargo batches. Thus, the fruits of common ragweed were regularly detected in batches of various types of imported products (corn, wheat, soybean meal, buckwheat) from the USA, France, and the GDR. At the same time, detections of the weed were recorded in domestic cargo arriving from other regions (Annual report on the work of the laboratory. Border State Inspectorate... 1990).

In 1999, the spread of common ragweed increased again and was observed on a total area of 2173.74 ha (Quarantine Phytosanitary... 2000), and after 9 years, the area occupied by common ragweed increased by 6.5 times to 13973 ha (Reference... 2009).

In 2016, based on the results of phytosanitary monitoring conducted by inspectors of the Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance in the Republic of Crimea, quarantine phytosanitary zones for common ragweed were established on a total area of 132,559.2 ha (National Report, 2018).

In the period from 2019 to 2022, in most areas there was a slight positive trend in the expansion of areas occupied by the weed, but by 2024 these figures began to decline in some areas.

Numerous *A. artemisiifolia* L. outbreaks are still observed along the edges of the roadsides of the Tavrida highway, almost along its entire length. Considering that transport corridors facilitate the spread of the quarantine pest to nearby territories, including segetal habitats, it is necessary to ensure a high level of protective measures against it (Fig. 3).

The observed sharp increase in the growth of weed areas is caused by several reasons. On the one hand, this was facilitated by changes in the transport logistics of the region. Secondly, a new methodology for recording lands contaminated with quarantine pests, which is relevant in the Russian Federation, began to be applied. Thirdly, starting in 2017, the development of the region's road infrastructure and transport arteries began, which led to an increase in the number of habitats favorable for the development of invasive plant species.

In 2018, following the order of the Council of Ministers of the Republic of Crimea dated September 25, 2018 No. 1143-r, an action plan was approved and implemented to control ragweed in 2019-2021, which made it possible to eliminate many outbreaks on the territory of preschool institutions, schools, higher educational institutions, medical, sports complexes and stadiums, sanatorium institutions (Order, 2018). Since 2019, funds have been repeatedly allocated to the



Рис. 3. Синантропная флора федеральной трассы «Таврида» (Симферополь – Белогорск) 2020 г. (фото Н. В. Цинкевич)

Fig. 3. Synanthropic flora of the federal highway “Tavrida” Simferopol – Belogorsk 2020 (photo by N.V. Tsinkovich)

и транспортных артерий, что привело к увеличению числа местообитаний, благоприятных для развития инвазивных видов растений.

В 2018 г. во исполнение распоряжения Совета министров Республики Крым от 25 сентября 2018 г. № 1143-р был утвержден и выполнен план мероприятий по борьбе с амброзией полыннолистной в 2019–2021 гг., что позволило ликвидировать множество очагов на территории детских дошкольных учреждений, школ, высших учебных заведений, медицинских, спортивных комплексов и стадионов, санаторных учреждениях (Распоряжение, 2018). В бюджет муниципальных образований Республики Крым с 2019 г. неоднократно закладывались средства для борьбы с амброзией полыннолистной, что также благоприятно влияет на экологическую составляющую полуострова в наши дни.

Разработанные авторами элементы интегрированной защиты использовались в ходе обсуждений на рабочем совещании в Совете министров Республики Крым по вопросам борьбы с амброзией полыннолистной (Сафронова, 2023). По просьбе депутата Государственного Совета Республики Крым (ГС РК) II созыва, председателя Комитета ГС РК по экологии и природным ресурсам Г. А. Шаповалова, разработки были интегрированы в ТЗ для подрядчиков, которые занимаются борьбой с амброзией полыннолистной в Симферополе, и уже применяются с 2023 г.

Несмотря на меры государственного стимулирования борьбы с амброзией полыннолистной, она значительно распространилась в рудеральных сообществах, включая большинство придорожных территорий Крыма, произрастает вдоль железнодорожных путей, депо, на территорияхстроек. Засоряет посевы пропашных и зерновых сельскохозяйственных культур, огороды, сады, виноградники, луга, пастбища, полевые защитные лесные полосы, встречается в населенных пунктах (Багрикова, 2013; Багрикова и др., 2021; Цинкевич, Омеляненко, 2021; Цинкевич, 2019а, Цинкевич, 2019б).

Подтвержденные данные «стремительного» распространения злостного карантинного сорного растения на территории Крыма за последние пять лет представлены в табл. 1.

Данные, представленные в табл. 1, показывают, что на 1 января 2025 г. амброзия полыннолистная наиболее распространена на территории таких районов Республики Крым, как Красногвардейский с площадью 60 528,58 га, Симферопольский – 58 436,35 га, Джанкойский – 32 942,32 га и Ленинский – 32 563,5 га, наименьшую площадь занимает в городских ландшафтах г. Алушта (445,5 га), но даже так, за последние годы площадь очагов в городе увеличилась более чем в 10 раз. Общая динамика расширения площадей сорняка за более чем 70-летний период представлена на рис. 4.

На сегодняшний день (конец 2024 – начало 2025 г.) активно производятся работы по строительству трассы «Таврида» от Ангарского перевала, через г. Алушту и до г. Ялта, что способствует еще большему расселению амброзии полыннолистной на полуострове. Предполагаем, что в связи с этим в ближайшем будущем по всему ЮБК сформируются устойчивые популяции карантинного вредного организма.

budget of municipalities of the Republic of Crimea to control ragweed, which also has a beneficial effect on the ecological component of the peninsula today.

The integrated protection elements developed by the authors were used during discussions at a working meeting of the Council of Ministers of the Republic of Crimea on issues of controlling common ragweed (Safronova, 2023). At the request of the Deputy of the State Council of the Republic of Crimea of the II convocation, Chairman of the Committee of the State Council of the Republic of Crimea on Ecology and Natural Resources Shapovalov G.A., the developments were integrated into the terms of reference for contractors engaged in controlling common ragweed in Simferopol and have already been used since 2023.

Despite government measures to stimulate the control of common ragweed, it has spread significantly in ruderal communities, including most roadside areas in Crimea, grows along railway tracks, depots, and construction sites. It infests row crops and grain crops, vegetable gardens, orchards, vineyards, meadows, pastures, forest shelterbelts, and is detected in populated areas (Bagrikova, 2013; Bagrikova et al., 2021; Tsinkovich, Omelyanenko, 2021; Tsinkovich, 2019a, Tsinkovich, 2019b).

Confirmed data on the “rapid” spread of this quarantine weed in the territory of Crimea over the past five years is presented in Table 1.

The data presented in Table 1 show that as of January 1, 2025, common ragweed is most common in the following districts of the Republic of Crimea: Krasnogvardeisky with an area of 60,528.58 ha, Simferopolsky – 58,436.35 ha, Dzhanikoysky – 32,942.32 ha and Leninsky – 32,563.5 ha, the smallest area is occupied in the urban landscapes of Alushta (445.5 ha), but even so, in recent years the outbreak area in the city has increased more than 10 times. The general dynamics of the expansion of the weed area over a period of more than 70 years is presented in Fig. 4.

Today (late 2024 – early 2025), work is actively underway to build the Tavrida highway from the Angarsk Pass, through the city of Alushta and to the city of Yalta, which contributes to an even greater spread of common ragweed on the peninsula. We assume that in this regard, stable populations of the quarantine pest will form throughout the South Coast of Crimea in the near future.

CONCLUSION

More than 70 years have passed since the introduction of common ragweed into the territory of the Crimean Peninsula. The species expansion in Crimea can be divided into three periods: the first (1954–1990) was the gradual advance of common ragweed from several primary points of introduction across the territory of populated areas and agricultural lands; the second (1990–2016) was a period of economic instability, during which the number of abandoned agricultural lands increased and the level of control over the number of common ragweed decreased; the third (2016–2023) was a period of economic revival of the Republic of Crimea, industrialization and development of road

Табл. 1. Карантинные фитосанитарные зоны амброзии полыннолистной на территории Республики Крым за последние 5 лет

(по данным Национальных докладов о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации за 2020, 2021, 2023, 2024 года; Бурнашев, Яковлева, 2023; Бурнашев, Нестеренкова, 2025)

Table 1. Quarantine phytosanitary areas of common ragweed in the territory of the Republic of Crimea over the past 5 years

(according to the National Reports on the Quarantine Phytosanitary Status of the Territory of the Russian Federation for 2020, 2021 2023, 2024; Burnashev, Yakovleva, 2023; Burnashev, Nesterenkova, 2025)

Номер, п/п №	Населенный пункт Populated area	Карантинная фитосанитарная зона, га Quarantine phytosanitary area, ha				
		2019	2020	2022	2023	2024
1	Бахчисарайский район Bakhchisaray district	4257,7	4836,76	5958,6	5276,88	5276,88
2	Белогорский район Belogorsky district	21 811,9	21 877,83	22 247,7	20 931,11	20 931,11
3	Джанкойский район Dzhankoy district	33 202,35	31 812,35	33 307,3	31 756,32	32 942,32
4	Кировский район Kirovsky district	18 798,558	18 818,55	18 876,6	16 712,092	16 712,092
5	Красногвардейский район Krasnogvardeysky district	60 400,55	60 400,45	60 400,4	59 328,58	60 528,58
6	Красноперекопский район Krasnoperekopsky district	9332,53	9329,98	9332,5	9289,048	9289,05
7	Ленинский район Leninsky district	30 485,184	31 405,88	35 732,2	31 339,5	32 563,5
8	Нижнегорский район Nizhnegorsky district	15 367,3	15 762,5	15 599,3	15 338,04	15 338,04
9	Первомайский район Pervomaysky district	9751,24	10 081,24	10 111,2	12 480,61	15 398,61
10	Раздольненский район Razdolnensky district	8288,6	8400,6	8400,6	8103,47	8203,47
11	Сакский район Saksy district	27 060	27 140,25	29 320,2	22 587,197	27 788,2
12	Симферопольский район Simferopolsky district	36 243,523	32 277,97	52 730,9	55 541,35	58 436,35
13	Советский район Sovetsky district	15 663,07	15 663,07	15 663,1	12 318,87	12 318,87
14	Черноморский район Chernomorsky district	14 184,2	14 184,2	14 184,2	12 744,92	12 744,92
15	г. о. Феодосия Feodosia urban district	4073,89	4073,89	4098,1	3018,246	3018,25
16	г. о. Судак Sudak urban district	702,29	702,29	702,3	702,29	921,29
17	г. Евпатория Yevpatoriya city		1620	1620	1620	1620
18	г. Керчь Kerch city	1761	2271	1761	2271	2271
19	г. о. Алушта Alushta urban district	9,5	9,5	40,5	40,5	445,5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С момента проникновения амброзии полыннолистной на территорию полуострова Крым прошло более 70 лет. Можно выделить три периода экспансии вида в Крыму: первый (1954–1990) – постепенное продвижение амброзии из нескольких первичных точек заноса по территории населенных пунктов и земель сельскохозяйственного назначения, второй (1990–2016) – период экономической нестабильности, при котором возросло количество брошенных сельскохозяйственных

infrastructure, accompanied by a sharp increase in *A. artemisiifolia* L. outbreaks. The intensive rise of the curve (Fig. 4) is associated to some extent with the methodology used to determine the contamination area by the quarantine pest, according to which the buffer zone of the outbreak is taken into account.

угодий, снизился уровень контроля численности амброзии полыннолистной; третий (2016–2023) – период экономического возрождения Республики Крым, индустриализации и развития дорожной инфраструктуры, сопровождающийся резким ростом очагов *A. artemisiifolia* L. Интенсивный подъем кривой (см. рис. 4) связан в некоторой степени с используемой методикой, по которой определялась площадь засорения карантинным объектом, согласно которой учитывается буферная зона очага.

За это время амброзия полыннолистная распространилась и заняла большую часть территории степного и предгорного Крыма и закрепилась в различных местообитаниях. Вероятно, это произошло благодаря способности *A. artemisiifolia* формировать большое количество легко распространяемых плодов (Dickerson, 1971; Bassett et al., 1975; Фисюнов, 1970).

Данный вид можно отнести к экологическим сорнякам, которые обладают высокой конкурентоспособностью, значительно угнетают рост и развитие возделываемых сельскохозяйственных культур. Вредоносность от амброзии полыннолистной в районах массового ее распространения достаточно велика, так как растение негативно влияет на самочувствие людей, снижает урожайность сельскохозяйственных культур, увеличивает засоренность получаемого урожая, ухудшает качество и продуктивность пастбищ, увеличивает расход на очистку семян сельскохозяйственных культур, а также на агротехнологические мероприятия и применения гербицидов.

Таким образом, особенности биологии вида, недооценка опасности и высокой конкурентоспособности амброзии полыннолистной, а также несоблюдение научно обоснованных мероприятий по локализации и уничтожению этого злостного сорняка в конечном итоге привели к распространению карантинного вредного организма во многих регионах Юга Российской Федерации, в том числе и в Крыму.

During this time, common ragweed spread and occupied most of the territory of the steppe and foothill Crimea and settled in various habitats. This probably happened due to the ability of *A. artemisiifolia* to form a large number of easily dispersed fruits (Dickerson, 1971; Bassett et al., 1975; Fisyunov, 1970).

This species can be classified as an ecological weed that is highly competitive and significantly inhibits the growth and development of cultivated crops. The harmfulness of common ragweed in areas of its mass distribution is quite high, since the plant has a negative impact on people's well-being, reduces crop yields, increases weediness of the harvest, worsens the quality and productivity of pastures, increases the cost of cleaning crop seeds, as well as agro-technological measures and the use of herbicides.

Thus, the peculiarities of the species biology, underestimation of the danger and high competitiveness of common ragweed, as well as failure to comply with scientifically based measures to detect and eradicate this weed ultimately led to the spread of the quarantine pest in many regions of the south of the Russian Federation, including Crimea.

REFERENCES

1. Abramova, L.M. *Ambrosia artemisiifolia* and *Ambrosia trifida* (Asteraceae) in the southwest of the Republic of Bashkortostan [*Ambrosia artemisiifolia* i *Ambrosia trifida* (Asteraceae) na yugo-zapade Respubliki Bashkortostan] / L.M. Abramova // Botan. journal. – 1997; 82(1): 66–74. (In Russ.)
2. Afonin A.N. Adaptive potential of ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L., Asteraceae) in connection with its movement to the north: The experience of bioclimatic and ecological niche analysis of the invasive species [Adaptivnyy potentsial ambrozii polynolistnoy (*Ambrosia artemisiifolia* L., Asteraceae) v svyazi s yeye prodvizheniyem na sever: opyt bioklimaticheskogo i ekologo-geograficheskogo analiza i modelirovaniya rasprostraneniya invazivnogo vida] / A. N. Afonin, O. G. Baranova, Yu. Yu. Kulakova [et al.] // Journal of General Biology. – 2022a; 83(1): 71–80. (A) (In Russ.)
3. Afonin A.N. Ecological and geographical potential of *Ambrosia artemisiifolia* L. distribution to the north of the European Russia based on a comparison of the primary and secondary ranges [Opredeleniye ekologo-geograficheskogo potentsiala prodvizheniya *Ambrosia artemisiifolia* L. Na sever Yevropeyskoy territorii Rossii na osnove sravneniya severnykh granits pervichnogo i vtorichnogo arealov] / A. N. Afonin, O. G. Baranova, Yu. A. Fedorova [et al.] // Russian Journal of Biological Invasions. – 2022b; 15(1): 2–12. (B). (In Russ.)
4. Bagrikova N. A. Structural analysis of the alien fraction of the flora of the Crimean Peninsula (Ukraine)



Рис. 4. Динамика распространения *A. artemisiifolia* L. на территории полуострова Крым в период с 1954 по 2022 г.

Fig. 4. *A. artemisiifolia* L. spread dynamics on the territory of Crimea in the period from 1954 to 2022

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова, Л.М. *Ambrosia artemisiifolia* и *Ambrosia trifida* (Asteraceae) на юго-западе Республики Башкортостан / Л.М. Абрамова // Ботан. журн. – 1997. – Т. 82. – № 1. – С. 66–74.
2. Афонин А.Н. Адаптивный потенциал амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L., Asteraceae) в связи с ее продвижением на север: опыт биоклиматического и эколого-географического анализа и моделирования распространения инвазивного вида / А. Н. Афонин, О. Г. Баранова, Ю. Ю. Кулакова [и др.] // Журнал общей биологии. – 2022а. – Т. 83, № 1. – С. 71–80. (А)
3. Афонин А.Н. Определение эколого-географического потенциала продвижения *Ambrosia artemisiifolia* L. на север Европейской территории России на основе сравнения северных границ первичного и вторичного ареалов / А. Н. Афонин, О. Г. Баранова, Ю. А. Федорова [и др.] // Российский журнал биологических инвазий. – 2022б. – Т. 15, № 1. – С. 2–12. (Б).
4. Багрикова Н. А. Структурный анализ адвентивной фракции флоры Крымского полуострова (Украина) / Н. А. Багрикова // Украинский ботанический журнал. – 2013. – Т. 70. – № 4. – С. 489–507.
5. Багрикова, Н. А. Материалы к «Черной книге» флоры Крымского полуострова / Н. А. Багрикова, М. В. Скурлатова // Российский журнал биологических инвазий. – 2021. – Т. 14. – № 2. – С. 16–31. – DOI 10.13140/RG.2.2.24139.7248
6. Бурнашев М.Р., Нестеренкова А.Э. Фитосанитарный риск, связанный с проникновением и распространением карантинных объектов по территории Российской Федерации // Биосферное хозяйство: теория и практика. 2025. № 1. С. 94–106.
7. Бурнашев М.Р., Яковлева В.А. Анализ карантинного фитосанитарного состояния территории Российской Федерации за 2019–2021 гг. // Защита и карантин растений, 2023. № 4. С. 31–36.
8. Годовой отчет Государственной инспекции по карантину сельхозрастений Министерства сельского хозяйства СССР по Крымской области. 1962 г.
9. Годовой отчет о работе лаборатории. Пограничная Госинспекция по карантину растений по Крымской области, г. Симферополь. 1990.
10. Карантинное фитосанитарное состояние государств-участников СНГ и государств Балтии. Москва, 2000.
11. Национальный доклад о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации за 2017, М., 2018.
12. Национальный доклад о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации за 2019, М., 2020.
13. Национальный доклад о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации за 2020, М., 2021.
14. Национальный доклад о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации за 2022, М., 2023.
15. Национальный доклад о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации за 2023, М., 2024.

[Strukturnyy analiz adventivnoy fraktsii flory Krymskogo poluostrova (Ukraina)] / N. A. Bagrikova // Ukrainian Botanical Journal. – 2013; 70(4): 489–507. (In Russ.)

5. Bagrikova, N. A. Materials for the “Black Book” of the flora of the Crimean Peninsula [Materialy k “Chornoy knige” flory Krymskogo poluostrova] / N. A. Bagrikova, M. V. Skurlatova // Russian Journal of Biological Invasions. – 2021; 14(2): 16–31. – DOI 10.13140/RG.2.2.24139.7248 (In Russ.)
6. Burnashev M.R., Nesterenkova A.E. Pest risk associated with the introduction and spread of quarantine pests across the territory of the Russian Federation [Fitosanitarnyy risk, svyazanny s proniknoveniem i rasprostraneniem karantinnykh obyektov po territorii Rossiyskoy Federatsii] // Biosphere Economy: Theory and Practice. 2025; 1: 94–106. (In Russ.)
7. Burnashev M.R., Yakovleva V.A. Analysis of the quarantine phytosanitary state of the territory of the Russian Federation for 2019–2021 [Analiz karantinnoy fitosanitarnogo sostoyaniya territorii Rossiyskoy Federatsii za 2019–2021 gg.] // Plant Protection and Quarantine, 2023; 4: 31–36. (In Russ.)
8. Annual report of the State Inspectorate for Quarantine of Agricultural Plants of the USSR Ministry of Agriculture for the Crimean Region. 1962. (In Russ.)
9. Annual report on the work of the laboratory. Border State Inspectorate for Plant Quarantine in the Crimean Region. Simferopol. 1990. (In Russ.)
10. Quarantine phytosanitary situation of the CIS member states and the Baltic states. Moscow, 2000. (In Russ.)
11. National report on the quarantine phytosanitary state of the territory of the Russian Federation for 2017, M., 2018. (In Russ.)
12. National report on the quarantine phytosanitary state of the territory of the Russian Federation for 2019, M., 2020. (In Russ.)
13. National report on the quarantine phytosanitary state of the territory of the Russian Federation for 2020, M., 2021. (In Russ.)
14. National report on the quarantine phytosanitary state of the territory of the Russian Federation for 2022, M., 2023. (In Russ.)
15. National report on the quarantine phytosanitary state of the territory of the Russian Federation for 2023, M., 2024. (In Russ.)
16. Osenniy N.G. Guidelines to control common ragweed [Rekomendatsii po bor’be s ambroziyey polynolistnoy] / N.G. Osenniy, V.B. An, A.V. Nosik, O.A. Pchel’nik; edited by N.G. Osenniy. – Simferopol: IT “ARIAL”, – 2019. – 40 p. (In Russ.)
17. Report on the work of the Crimean Plant Quarantine Laboratory in 1967. (In Russ.)
18. Report on the work of the Crimean laboratory of the Border State Inspectorate for Plant Quarantine of the Ministry of Agriculture for the Crimean region. 1971. (In Russ.)
19. Report on the work of the Crimean laboratory of the Border State Inspectorate for Plant Quarantine of the Ministry of Agriculture for the Crimean region. 1979. (In Russ.)

16. Осенний Н.Г. Рекомендации по борьбе с амброзией полыннолистной/ Н.Г. Осенний, В.Б. Ан, А.В. Носик, О.А. Пчельник; под ред. Н.Г. Осеннего. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», – 2019. – 40 с.

17. Отчет о работе Крымской лаборатории по карантину растений за 1967 г.

18. Отчет о работе Крымской лаборатории Пограничной Госинспекции по карантину растений МСХ по Крымской области. 1971 год.

19. Отчет о работе Крымской лаборатории Пограничной Госинспекции по карантину растений МСХ по Крымской области. 1979 год.

20. Отчет о работе Крымской лаборатории Пограничной Госинспекции по карантину растений МСХ по Крымской области. 1980 год.

21. Отчет о работе Крымской лаборатории Пограничной Госинспекции по карантину растений МСХ по Крымской области. 1981 год.

22. Отчет о работе Крымской лаборатории Пограничной Госинспекции по карантину растений МСХ по Крымской области. 1984 год.

23. Отчет о работе Крымской лаборатории Пограничной Госинспекции по карантину растений МСХ по Крымской области. 1985 год.

24. Отчет о работе Крымской лаборатории Пограничной Госинспекции по карантину растений МСХ по Крымской области. 1988 год.

25. Отчет о работе лаборатории Госинспекции по карантину растений МСХ СССР по Крымской области. 1969 г.

26. Распоряжение Совета министров Республики Крым от 25 сентября 2018 года No 1143-р «О мерах по борьбе с амброзией полыннолистной и другими карантинными объектами в 2019–2021 годах на территории Республики Крым» (с изменениями от 10.03.2020 г. No200-р)

27. Сафронова, О. Амброзию могут победить полноценные газоны / Сафронова, О. [Электронный ресурс] // Газета Государственного совета Республики Крым «Крымские известия»: [сайт]. – URL: <https://new.crimiz.ru/rubriki/144-v-komitetakh-gs-rk/20352-ambroziyu-mogut-pobedit-polnotsennye-gazonny> (дата обращения 21.11.2023)

28. Справочник по карантинному фитосанитарному состоянию территорий государств-участников СНГ и государств Балтии Российской Федерации. Быково. 2009 г.

29. Справочно-информационный портал «Погода и климат». [Электронный ресурс]. – 2004 – 2021. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (дата обращения 26.11.2021).

30. Указ...: Ведомости Верховного Совета РСФСР, 1962, № 29, ст. 460.

31. ФГБУ ВНИИКР. [Электронный ресурс]. – 2023. – <https://www.vniikr.ru/dokumenty/epko-eaes/> (дата обращения 17.05.2023).

32. Фисюнов, А.В. Под общ. ред. д-ра с.-х. наук А. В. Фисюнова; Всесоюз. науч.-исслед. ин-т кукурузы. Днепропетр. обл. станция защиты растений и Гос. инспекция по карантину растений. – Днепропетровск: Промінь, –1970 [вып. дан. 1971]. – 154 с.

33. Цинкевич, Н. В. Анализ адвентивного сорного компонента в посевах зерновых культур на территории Республики Крым в 2020 г / Н. В. Цинкевич, Т. З. Омеляненко // Защита

20. Report on the work of the Crimean laboratory of the Border State Inspectorate for Plant Quarantine of the Ministry of Agriculture for the Crimean region. 1980. (In Russ.)

21. Report on the work of the Crimean laboratory of the Border State Inspectorate for Plant Quarantine of the Ministry of Agriculture for the Crimean region. 1981. (In Russ.)

22. Report on the work of the Crimean laboratory of the Border State Inspectorate for Plant Quarantine of the Ministry of Agriculture for the Crimean region. 1984. (In Russ.)

23. Report on the work of the Crimean laboratory of the Border State Inspectorate for Plant Quarantine of the Ministry of Agriculture for the Crimean region. 1985. (In Russ.)

24. Report on the work of the Crimean laboratory of the Border State Inspectorate for Plant Quarantine of the Ministry of Agriculture for the Crimean region. 1988. (In Russ.)

25. Report on the work of the laboratory of the State Inspectorate for Plant Quarantine of the USSR Ministry of Agriculture for the Crimean Region. 1969. (In Russ.)

26. Order of the Council of Ministers of the Republic of Crimea dated September 25, 2018 No. 1143-r “On measures to control ragweed and other quarantine pests in 2019-2021 on the territory of the Republic of Crimea” (as amended on March 10, 2020 No. 200-r) (In Russ.)

27. Safronova, O. Full-fledged lawns can defeat ragweed / Safronova, O. [Electronic resource] // Newspaper of the State Council of the Republic of Crimea “Krymskie Izvestia”: [website]. – URL: <https://new.crimiz.ru/rubriki/144-v-komitetakh-gs-rk/20352-ambroziyu-mogut-pobedit-polnotsennye-gazonny> (last accessed 21.11.2023)

28. Reference book on the quarantine phytosanitary status of the territories of the CIS member states and the Baltic states of the Russian Federation. Bykovo. 2009.

29. Reference and information portal “Weather and climate”. [Electronic resource]. – 2004 – 2021. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (date of access 11/26/2021).

30. Decree...: Bulletin of the Supreme Council of the RSFSR, 1962, No. 29, art. 460.

31. FGBU “VNIIKR” [Electronic resource]. – 2023. – <https://www.vniikr.ru/dokumenty/epko-eaes/> (last accessed 17.05.2023).

32. Fisyunov, A.V. Under the general editorship of Dr. of Agricultural Sciences A.V. Fisyunov; All-Union Scientific Research Institute of Corn. Dnepropetrovsk Regional Plant Protection Station and State Inspectorate for Plant Quarantine. – Dnepropetrovsk: Promin, – 1970 [issue data 1971]. – 154 p. (In Russ.)

33. Tsinkevich, N. V. Analysis of the adventitious weed component in grain crops in the Republic of Crimea in 2020 / N. V. Tsinkevich, T. Z. Omelyanenko // Plant protection from pests, Krasnodar, June 21–25, 2021 / Proceedings of the X international scientific

растений от вредных организмов, Краснодар, 21–25 июня 2021 года / Материалы X международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 392–395. – EDN PYTXRG.

34. Цинкевич, Н. В. Синантропизация растительного покрова вдоль федеральной трассы «Таврида» в Крыму. Амброзия полыннолистная, опасность и меры борьбы / Н. В. Цинкевич, В. В. Лысенко // Молодежь в науке: Новые аргументы: Сборник научных работ X Международного молодежного конкурса, Липецк, 01 марта 2019 года / Ответственный редактор А.В. Горбенко. – Липецк: Научное партнерство «Аргумент», 2019а. – С. 129–133.

35. Цинкевич, Н.В. Влияние антропогенного фактора на фитоценозы при строительстве трассы «Таврида» / Устойчивое ноосферное развитие: сборник тезисов докладов научной конференции, посвященной 156-летию со дня рождения В.И. Вернадского / под ред. А.И. Башты. – Симферополь: ИП Зуева Т.В., 2019б. – С. 76–77.

36. Baskin, J.M. Ecophysiology of secondary dormancy in seeds of *Ambrosia artemisiifolia* / J.M. Baskin, C.C. Baskin // Ecology. – 1980. – № 61. – P. 475–480. doi: 10.2307/1937410

37. Bassett, I.J. The biology of Canadian weeds. *Ambrosia artemisiifolia* L. and *A. psilostachya* DC. / I.J. Bassett, C.W. Crompton // Canadian Journal of Plant Science. – 1975. – № 55 (2). – P. 463–476.

38. Bazzaz, F.A. Secondary dormancy in the seeds of the common ragweed *Ambrosia artemisiifolia* / F.A. Bazzaz // Bulletin of the Torrey Botanical Club. – 1970. – № 97. – P. 302–305. doi: 10.2307/2483650

39. Dickerson, C.T. Common ragweed ecotypes / C.T. Dickerson, R.D. Sweet // Weed Science. – 1971. – № 19. – P. 64–66.

40. Essl, F. Biological Flora of the British Isles: *Ambrosia artemisiifolia* / F. Essl, K. Biró, D. Brandes, O. Broennimann, J.M. Bullock, D.S. Chapman, et al. // Journal of Ecology. – 2015. – № 103. – P. 1069–1098.

41. Genton, B.J. High genetic diversity in French invasive populations of common ragweed, *Ambrosia artemisiifolia*, as a result of multiple sources of introduction / B.J. Genton, J.A. Shykoff, T. Giraud // Mol Ecol. – 2005. – № 14. – P. 4275–4285.

42. Hejda, M. Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities. / M. Hejda, P. Pysek, V. Jarosek, // J Ecol. – 2009. – № 97. – P. 393–403.

43. 213. Kazinczi, G. Common Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*). A review with special regards to the results in Hungary. II. Importance and harmful effect, allergy, habitat, allelopathy and beneficial characteristics. / G. Kazinczi, I. Beres, R. Novak, K. Biro, Z. Pathy // Herbologia. – 2008. – № 9. – P. 93–118.

44. Qin, Z. Potential distribution of two *Ambrosia* species in China under projected climate change / Z. Qin, A.D. Tommaso, R.S. Wu, H.Y. Huang // Weed Research. – 2014. – № 54 (5). – P. 520–531.

45. Rasmussen, K. Climate-change-induced range shifts of three allergenic ragweeds (*Ambrosia* L.)

and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Kuban State Agrarian University. – Краснодар: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, 2021. – P. 392–395. – EDN PYTXRG. (In Russ.)

34. Tsinkevich, N. V. Synanthropization of Vegetation Cover along the Federal Highway “Tavrida” in Crimea. Common Ragweed, Danger and Control Measures / N. V. Tsinkevich, V. V. Lysenko // Youth in Science: New Arguments: Collection of Scientific Papers of the X International Youth Competition, Lipetsk, March 01, 2019 / Editor-in-Chief A. V. Gorbenko. – Lipetsk: Scientific Partnership “Argument”, 2019a. – P. 129–133. (In Russ.)

35. Tsinkevich, N.V. The influence of the anthropogenic factor on phytocenoses during the construction of the Tavrida highway / Sustainable noospheric development: collection of abstracts of reports of a scientific conference dedicated to the 156th anniversary of the birth of V.I. Vernadsky / edited by A.I. Bashta. – Simferopol: IP Zueva TV, 2019b. – P. 76–77. (In Russ.)

36. Baskin, J.M. Ecophysiology of secondary dormancy in seeds of *Ambrosia artemisiifolia* / J.M. Baskin, C.C. Baskin // Ecology. – 1980. – № 61. – P. 475–480. doi: 10.2307/1937410

37. Bassett, I.J. The biology of Canadian weeds. *Ambrosia artemisiifolia* L. and *A. psilostachya* DC. / I.J. Bassett, C.W. Crompton // Canadian Journal of Plant Science. – 1975. – № 55 (2). – P. 463–476.

38. Bazzaz, F.A. Secondary dormancy in the seeds of the common ragweed *Ambrosia artemisiifolia* / F.A. Bazzaz // Bulletin of the Torrey Botanical Club. – 1970. – № 97. – P. 302–305. doi: 10.2307/2483650

39. Dickerson, C.T. Common ragweed ecotypes / C.T. Dickerson, R.D. Sweet // Weed Science. – 1971. – № 19. – P. 64–66.

40. Essl, F. Biological Flora of the British Isles: *Ambrosia artemisiifolia* / F. Essl, K. Biró, D. Brandes, O. Broennimann, J.M. Bullock, D.S. Chapman, et al. // Journal of Ecology. – 2015. – № 103. – P. 1069–1098.

41. Genton, B.J. High genetic diversity in French invasive populations of common ragweed, *Ambrosia artemisiifolia*, as a result of multiple sources of introduction / B.J. Genton, J.A. Shykoff, T. Giraud // Mol Ecol. – 2005. – № 14. – P. 4275–4285.

42. Hejda, M. Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities. / M. Hejda, P. Pysek, V. Jarosek, // J Ecol. – 2009. – № 97. – P. 393–403.

43. 213. Kazinczi, G. Common Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*). A review with special regards to the results in Hungary. II. Importance and harmful effect, allergy, habitat, allelopathy and beneficial characteristics. / G. Kazinczi, I. Beres, R. Novak, K. Biro, Z. Pathy // Herbologia. – 2008. – № 9. – P. 93–118.

44. Qin, Z. Potential distribution of two *Ambrosia* species in China under projected climate change / Z. Qin, A.D. Tommaso, R.S. Wu, H.Y. Huang // Weed Research. – 2014. – № 54 (5). – P. 520–531.

45. Rasmussen, K. Climate-change-induced range shifts of three allergenic ragweeds (*Ambrosia* L.)

in Europe and their potential impact on human health / K. Rasmussen, J. Thyrring, R. Muscarella, F. Borchsenius // Peer J. – J. Life Environ. Sci. – 2017. – № 5. – P. 1–17.

46. Reznik, S. Ya. Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) in Russia: spread, distribution, abundance, harmfulness and control measures, Ambrosia L., the First International Ragweed review / S. Ya. Reznik // . – 2009. – № 26. – P. 88–97.

47. Toole, H.E. Final results of the Durvel buried seed experiment / H.E. Toole, E. Brown // Journal of Agricultural Research. – 1946. – № 72. – P. 201–210.

48. Zhaldak, S. M. Ecologo-coenotic peculiarities of *Ambrosia artemisiifolia* in the conditions of premountain's of the Crimea / S. M. Zhaldak // Optimization and Protection of Ecosystems. Simferopol: TNU. – 2011. – № 5. – P. 66–70.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Цинкевич Николай Владимирович, младший научный сотрудник научно-методического отдела в г. Симферополе ФГБУ «ВНИИКР», г. Симферополь, Республика Крым, Россия;

ORCID 0000-0003-3774-3548, e-mail: duna8888@mail.ru

Кулакова Юлия Юрьевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник – начальник научно-методического отдела инвазивных видов растений ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. Раменское, Московская обл., Россия;

ORCID 0000000299737584; e mail: thymus73@mail.ru

in Europe and their potential impact on human health / K. Rasmussen, J. Thyrring, R. Muscarella, F. Borchsenius // Peer J. – J. Life Environ.Sci.. – 2017. – № 5. – P. 1–17.

46. Reznik, S. Ya. Common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) in Russia: spread, distribution, abundance, harmfulness and control measures, Ambrosia L., the First International Ragweed review / S. Ya. Reznik // . – 2009. – № 26. – P. 88–97.

47. Toole, H.E. Final results of the Durvel buried seed experiment / H.E. Toole, E. Brown // Journal of Agricultural Research. – 1946. – № 72. – P. 201–210.

48. Zhaldak, S. M. Ecologo-coenotic peculiarities of *Ambrosia artemisiifolia* in the conditions of premountain's of the Crimea / S. M. Zhaldak // Optimization and Protection of Ecosystems. Simferopol: TNU. – 2011. – № 5. – P. 66–70.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nikolay Tsinkevich, Junior Researcher, Research and Methodology Department, Simferopol Branch of FGBU “VNIKR”, Simferopol, Republic of Crimea, Russia; ORCID 0000-0003-3774-3548,

e-mail: duna8888@mail.ru

Juliana Kulakova, PhD in Biology, Leading Researcher – Head of Research and Methodology Department of Invasive Plant Species, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia;

ORCID 0000000299737584; e mail: thymus73@mail.ru

Здесь может быть ваша статья!

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

Your article can be here!

The journal "Plant Health and Quarantine" invites authors to publish their research papers

Scan for further information →



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. о. Раменский, р. п. Быково, ул. Пограничная, д. 32

Контактное лицо: Зиновьева Светлана Георгиевна

Телефон: +7 499 707-22-27, e-mail: zinoveva-s@mail.ru

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



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

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

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

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

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

Тел./факс:
8 (499) 707-22-27

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