



Карантинные фитопфторозы
деревьев и кустарников
Quarantine species of Phytophthora
genus causing diseases on tree and shrubs

25

Диагностика вируса
карликовости пшеницы
Diagnosis of Wheat
Dwarf Virus

38

К юбилею
А. К. Маркина
On the anniversary
of A. K. Markin

72

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

Февраль № 1 (26) 2026

СТАТЬЯ НОМЕРА:

Анализ биоморфологической
структуры ценофлор посевов
различных культур Среднего
Поволжья

ARTICLE OF THE ISSUE:

Analysis of the biomorphological
structure of cenofloras of various
crops in the Middle Volga region 2

Азиатский табачный трипс
Thrips tabaci 13

Изучение рострегулирующих
препаратов на яровой пшенице
Study of growth
regulators on spring wheat 65



Редакционная коллегия. Editorial board

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА:

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 МКЗЭР, Рим, Италия

УПАДЫШЕВ М.Т. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, член-корреспондент РАН, заведующий отделом биотехнологий 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 ВНИИКХ им. А.Г. Лорха, д. п. Красково, г. Люберцы, Московская обл., Россия

КОРНЕВ К.П. – кандидат биологических наук, заместитель директора ФГБУ «ВНИИКР», пгт Быково, м. о. Раменский, Московская обл., Россия

ШНЕЙДЕР Ю.А. – кандидат биологических наук, начальник научно-методического отдела вирусологии ФГБУ «ВНИИКР», пгт Быково, м. о. Раменский, Московская обл., Россия

РЕДАКЦИЯ:

ЗИНОВЬЕВА С.Г. – шеф-редактор, специалист по связям с общественностью ФГБУ «ВНИИКР»

БРАЖНИКОВА О.А. – редактор-корректор

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

КАРИМОВА Е.В. – старший научный сотрудник отдела лесного карантина ФГБУ «ВНИИКР», кандидат биологических наук

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

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

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

КУРБАТОВ С.А. – начальник научно-методического отдела энтомологии ФГБУ «ВНИИКР», 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 “VNIKRR”,
e-mail: solovievaa@vniikrru

EDITORIAL BOARD:

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 Rosselkhoznadzor, 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”, VNISSOK, 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 “VNIKRR”, Bykovo, Urban district Ramensky, Moscow Oblast, Russia

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

EDITORSHIP:

S.G. ZINOVYEVA – Editor-in-Chief, PR specialist of FGBU “VNIKRR”

O.A. Brazhnikova – Copy Editor

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

E.V. KARIMOVA – Senior Researcher, Forest Quarantine Department of FGBU “VNIKRR”, PhD in Biology

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

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

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

S.A. KURBATOV – Head of the Entomological Research and Methodology Department of FGBU “VNIKRR”, 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

БАЗЫ ДАННЫХ

Анализ биоморфологической структуры ценофлор посевов различных культур Среднего Поволжья с применением базы данных

СУХОЛОЗОВА Е. А., КОМАРОВ Д. А.,
ВАСЮКОВ В. М., СТЕЛЬМАХ К. Н., САФОНОВ А. В.

DATABASES

Biomorphological analysis of the cenoflora structures of various crops of the Middle Volga region using a database 2

SUKHOLOZOVA E.A., KOMAROV D.A., VASYUKOV V.M.,
STELMAKH K.N., SAFONOV A.V.

ИНВАЗИИ

Новый для европейских стран инвазионный вредитель овощных и декоративных культур – азиатский табачный трипс *Thrips parvispinus* (Karny, 1922)

ВОЛКОВ О.Г.

***Thrips parvispinus* (Karny, 1922), an invasive pest of vegetable and ornamental crops new for European countries** 13

VOLKOV O.G.

ДИАГНОСТИКА

Карантинные фитопфторозы древесных и кустарниковых растений

СУРИНА Т.А.

DIAGNOSTICS

Quarantine species of *Phytophthora* genus causing diseases on tree and shrubs 25

SURINA T.A.

ДИАГНОСТИКА

Разработка и валидация методов диагностики вируса карликовости пшеницы (*Mastrevirus hordei*)

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

DIAGNOSTICS

Development and validation of methods for diagnosing Wheat dwarf virus (WDV) (*Mastrevirus hordei*) 38

LOZOVAYA E.N., PRIKHODKO Y.N., ZHIVAIEVA T.S.,
IDA G. BASHKIROVA I.G., EMEL'YANOVA A.A.,
SHNEYDER Y.A.

ДИАГНОСТИКА

Сравнение методов выделения ДНК вирусных инфекций из табачной белокрылки *Bemisia tabaci* (Genn.) на примере вируса желтой курчавости листьев томата (TYLCV)

УШКОВА М.В., ИВАНОВ А.В., БОНДАРЕНКО Г.Н.

DIAGNOSTICS

Comparison of methods for isolating DNA of viral infections from *Bemisia tabaci* (Genn.) using the case of tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) 57

USHKOVA M.V., IVANOV A.V., BONDARENKO G.N.

БИОТЕХНОЛОГИИ

Влияние рострегулирующих препаратов на проявление фитотоксичности гербицидов на яровой пшенице

АШРАФ А.Ш., ЕФРЕЙТОРОВА Т.Э.,
КРЫЛОВА М.Ф., ЖАРКИХ О.А.

BIOTECHNOLOGIES

Influence of growth-regulating preparations on the herbicides phytotoxicity on spring wheat 65

ASHRAF A. S., EFREYTOROVA T.E., KRYLOVA M. F.,
ZHARKIKH O.A.

ЮБИЛЕЙ

К 120-летию Алексея Кузьмича Маркина 72

МОРДКОВИЧ Я. Б.

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: Имматурное растение *Fraxinus pennsylvanica* в посеве льна в Самарской области (Фото: Е.А. Сухолозова)
Дизайн и верстка: Андрей Воробьев
Учредитель: ФГБУ «ВНИИКР», 140150, Московская область, м. о. Раменский, пгт 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: 13.02.2026
Дата выхода в свет: 27.02.2026

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: Immature plant *Fraxinus pennsylvanica* in flax crop in Samara Oblast (Photo by E.A. Sukholozova)
Design & Composition: Andrey Vorobiev
Establisher: FGBU VNIIEKR, 140150, Moskovskaya oblast, Urban district Ramensky, r. p. Bykovo, Pogranichnaya St., 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: 13/02/2026
Issue date: 27/02/2026

Анализ биоморфологической структуры ценофлор посевов различных культур Среднего Поволжья с применением базы данных

* СУХОЛОЗОВА Е.А.¹, КОМАРОВ Д.А.²,
ВАСЮКОВ В.М.³, СТЕЛЬМАХ К.Н.⁴,
САФОНОВ А.В.⁵

^{1,4} Пензенский филиал ФГБУ «Всероссийский
центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»),
г. Пенза, Пензенская обл., Россия, 394042

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

³ Самарский федеральный исследовательский
центр РАН, Институт экологии Волжского
бассейна РАН, г. Тольятти, Самарская обл.,
Россия, 445003

⁵ Новороссийский филиал ФГБУ
«Всероссийский центр карантина растений»
(ФГБУ «ВНИИКР»), г. Новороссийск,
Краснодарский край, Россия, 353901

¹ ORCID: 0000-0003-1272-4586,
e-mail: e_kobozeva@mail.ru

² ORCID: 0000-0002-2640-2257;
e-mail: komarov_da1974@mail.ru

³ ORCID: 0000-0002-2688-1673,
e-mail: vvasjukov@yandex.ru

⁴ ORCID: 0009-0003-6682-5822,
e-mail: xenon535@mail.ru

⁵ ORCID: 0009-0001-1489-0484,
e-mail: av.safonov@list.ru

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся результаты исследования биоморфологической структуры ценофлор посевов пшеницы и масличного льна в Пензенской и Самарской областях Среднего Поволжья. Сравнительный анализ структуры жизненных форм сорных растений в агроценозах этих культур проводили с применением инструментов «Базы данных по сорным растениям сельскохозяйственных культур Среднего Поволжья», разработанной коллективом авторов во Всероссийском центре карантина растений. Материалом послужили данные полевых обследований 123 полей, собранные с 2019 по 2024 г. Для хранения, систематизации, составления списков по заданным параметрам и анализа информации были использованы разработанные формы ввода и запроса информации. В итоге исследований было

Biomorphological analysis of the cenoflora structures of various crops of the Middle Volga region using a database

* EKATERINA A. SUKHOLOZOVA¹, DMITRY A.
KOMAROV², VLADIMIR M. VASYUKOV³, KSENIA N.
STELMAKH⁴, ALEKSEY V. SAFONOV⁵

^{1,4} Penza Branch, All-Russian Plant Quarantine
Center (FGBU “VNI IKR”), Penza, Penza Oblast,
Russia, 394042

² All-Russian Plant Quarantine Center (FGBU
“VNI IKR”), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast,
Russia, 140150

³ Samara Federal Research Center of the Russian
Academy of Sciences, Institute of Ecology of the
Volga Basin of the Russian Academy of Sciences,
Tolyatti, Samara Region, Russia, 445003

⁵ Novorossiysk Branch, All-Russian Plant
Quarantine Center (FGBU “VNI IKR”),
Novorossiysk, Krasnodar Krai, Russia, 353901

¹ ORCID: 0000-0003-1272-4586,
e-mail: e_kobozeva@mail.ru

² ORCID: 0000-0002-2640-2257;
e-mail: komarov_da1974@mail.ru

³ ORCID: 0000-0002-2688-1673,
e-mail: vvasjukov@yandex.ru

⁴ ORCID: 0009-0003-6682-5822,
e-mail: xenon535@mail.ru

⁵ ORCID: 0009-0001-1489-0484,
e-mail: av.safonov@list.ru

ABSTRACT

This article presents the results of the biomorphological structure study of wheat and oilseed flax cenofloras in Penza Oblast and Samara Oblast of the Middle Volga region. A comparative analysis of the weed life forms structure in the agroecosystems of these crops was conducted using the

выявлено значительное сходство биоморфологической структуры сорного компонента в посевах пшеницы и льна. В обеих ценофлорах абсолютно доминируют травянистые растения с практически равным соотношением поликарпиков и монокарпиков. Среди многолетних поликарпических растений наиболее представлены корневищные и стержнекорневые жизненные формы, а среди монокарпических травянистых растений преобладают длительно вегетирующие яровые однолетники. В посевах обеих культур присутствовали древесные растения на ранних стадиях онтогенеза, что отражает современную агротехнику возделывания культур и близкое расположение полей к территориям с естественными и искусственными древесными насаждениями. Авторы признают эффективность применения специализированных баз данных для надежного хранения значительного объема информации о проведении многолетних исследований, оперативного к ней доступа путем формирования запросов по разным параметрам, а также ее применения для проведения анализа.

Ключевые слова: сорные растения, жизненная форма, пшеница, масличный лен, программный продукт.

ВВЕДЕНИЕ



Ценофлора – объединение полных территориальных совокупностей видов растений флористически и экологически однотипных сообществ (Юрцев, Камелин, 1991). Исследование разнообразных аспектов структуры ценофлоры посевов различных культур (таксономического и биоморфологического спектров, чужеродного и аборигенного компонентов) имеет большое научное значение для познания общих закономерностей развития сеgetальной флоры¹.

В посевах человек создает условия для произрастания не только культурных, но и сорных видов растений. Эти условия благоприятны для существования определенного набора жизненных форм растений. Исходя из этого, по количественному соотношению тех или иных жизненных форм, встреченных в посевах, можно судить, например, об истории сельскохозяйственного использования земельного участка, агротехнике возделывания культуры, о длительности неиспользования/давности возвращения в севооборот земель сельскохозяйственного назначения.

Представленная статья посвящена результатам изучения структуры жизненных форм ценофлоры посевов. По мнению И. Г. Серебрякова, эколого-морфологически жизненная форма

¹ Ценофлоры различных посевов входят в состав сеgetальной флоры – исторически и экологически сложившейся совокупности видов сосудистых растений, произрастающих на обрабатываемых сельскохозяйственных угодьях независимо от желания человека (Третьякова и др., 2020).

tools of the "Weed Database of Agricultural Crops of the Middle Volga Region," developed by the All-Russian Plant Quarantine Center. The data was collected from field surveys of 123 fields from 2019 to 2024. Developed input and query forms were used to store, organize, compile lists based on specified parameters, and analyze the information. The study revealed significant similarities in the biomorphological structure of the weed component in wheat and flax crops. In both cenofloras, herbaceous plants are completely dominant, with a nearly equal ratio of polycarpic and monocarpic plants. Among perennial polycarpic plants, rhizome and taproot life forms are most represented, while among monocarpic herbaceous plants, long-growing spring annuals predominate. Both crops included woody plants in the early ontogenesis stages, reflecting modern agricultural practices and the proximity of fields to areas with natural and artificial tree plantings. The authors acknowledge the effectiveness of specialized databases for reliably storing significant amounts of information on long-term research, quickly accessing it by generating queries based on various parameters, and using it for analysis.

Key words: weeds, life form, wheat, oilseed flax, software.

INTRODUCTION



Cenoflora is "the unification of complete territorial communities of plant species of floristically and ecologically uniform communities" (Yurtsev, Kamelin, 1991). Research into various aspects of the cenoflora structure of various cultures (taxonomic and biomorphological spectra, alien and native components) is of great scientific importance for understanding the general development patterns of segetal flora¹.

In crop fields, humans create conditions for the growth of not only cultivated but also weed plant species. These conditions are favorable for specific plant life forms. Based on this, the quantitative ratio of various life forms found in crops can be used to assess, for example, the agricultural history of the land, the cultivation practices used, and the length of time since the land was abandoned or returned to crop rotation.

This article presents the results of a study of the life form structure of crop cenoflora. According to I.G. Serebryakov, "an ecological-morphological life form in higher plants is a unique general appearance (habitus) of a certain group of plants (including their above-ground and underground organs—underground

¹ The cenofloras of various crops are part of the segetal flora – "a historically and ecologically established set of vascular plant species growing on cultivated agricultural lands regardless of human desire" (Tretyakova et al., 2020).

у высших растений – это своеобразный общий облик (габитус) определенной группы растений (включая их надземные и подземные органы – подземные побеги и корневые системы), возникающий в их онтогенезе в результате роста и развития в определенных условиях среды. Этот габитус исторически возникает в данных почвенно-климатических условиях как выражение приспособленности растений к этим условиям (Серебряков, 1962: 69).

Многолетние исследования структуры ценофлоры подразумевают регулярное аккумулярование значительного массива полевых материалов. Оцифровка, структурирование, интегрирование и последующий анализ данных трудоемкий и требует значительных затрат времени. В этом случае использование базы данных позволит хранить и оперативно обрабатывать большие объемы информации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу работы положены сведения по ценофлорам посевов двух культур (пшеницы и масличного льна) в пределах двух модельных регионов Среднего Поволжья – Пензенской и Самарской областей (см. табл. 1).

Видовой состав сорных растений посевов изучали по методике (Сухолозова и др. 2022, 2023), предусматривающей учет всех сорных растений как на краю, так и в основной части посевов. Периметр поля обследовали пешком или медленно передвигаясь на машине, где это было возможно. Исследование основной части массива проводили путем прокладывания вглубь поля от двух до нескольких трансект длиной от 20 до 100 м (в зависимости от площади полей). Посевы изучали с конца июня по начало сентября в одну из фенологических фаз роста культуры в общей сложности с 2019 по 2024 г.

Для биоморфологического анализа ценофлоры применяли классификацию жизненных форм И. Г. Серебрякова (Серебряков, 1962) с некоторыми дополнениями.

Инструментом обработки авторских материалов была разработанная в ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» «База данных по сорным растениям сельскохозяйственных культур

shoots and root systems), arising during their ontogenesis as a result of growth and development under specific environmental conditions. This habitus historically arises in given soil and climatic conditions as an expression of the plants' adaptability to these conditions" (Serebryakov, 1962: 69).

Long-term studies of cenoflora structure require the regular accumulation of a significant amount of field data. Digitizing, structuring, integrating, and subsequently analyzing the data is labor-intensive and time-consuming. In this case, using a database will allow for the storage and rapid processing of large volumes of information.

MATERIALS AND METHODS

The work is based on data on the cenofloras of two crops (wheat and oil flax) within two model regions of the Middle Volga region – Penza Oblast and Samara Oblast (see Table 1).

The weed species composition of crops was studied using the method (Sukholozova et al. 2022, 2023), which involves counting all weeds both at the edges and in the main part of the plantation. The field perimeter was surveyed on foot or by slow vehicle, where possible. The main part of the field was explored by laying two to several transects, 20 to 100 m long (depending on the field area), into the field. Crops were studied from late June to early September during one of the phenological phases of crop growth, for a total of 2019 to 2024.

For the biomorphological analysis of the cenoflora, the classification of life forms by I.G. Serebryakov (Serebryakov, 1962) was used with some additions.

The tool for processing the authors' materials was the "Database of Weeds of Agricultural Crops in the Middle Volga Region to Ensure the Region's Export Potential" (No. 2025623377, dated August 15, 2025) (Certificate ..., 2025), developed at the All-Russian Plant Quarantine Center. It contains consolidated information on weeds in crops and finished products intended for export from the selected region. While making the database, information entry forms were developed, and dictionaries with formalized terms, value scales, and other features were prepared, simplifying the processing of field data and allowing for increased speed of new data entry. The development of

Табл. 1. Число исследованных полей пшеницы и льна масличного в Среднем Поволжье
Table 1. Number of studied wheat and oil flax fields in the Middle Volga region

Регион исследований Study region	Число исследованных полей Number of studied fields		
	Озимая пшеница Winter wheat	Яровая пшеница Spring wheat	Масличный лен Oilseed flax
Пензенская область Penza Oblast	46	26	71
Самарская область Samara Oblast	26	25	31
Всего Total	72	51	102
	123		

Среднего Поволжья для обеспечения экспортного потенциала региона» (№ 2025623377 от 15.08.25 г.) (Свидетельство ..., 2025), которая содержит консолидированную информацию о сорных растениях в посевах и сортовой продукции, предназначенной на экспорт из выбранного региона. При создании базы данных разработаны формы по вводу информации, подготовлены словари с формализованными терминами, шкалами значений и т.п., упрощающие обработку полевого материала и позволяющие увеличить скорость внесения новых данных. Благодаря разработке запросной формы «Анализ жизненных форм» реализована возможность быстрого доступа к большому массиву разнородных данных и оперативному получению унифицированной и консолидированной информации. Параметры запроса в данной форме сгруппированы в секции «Условия», «Объекты», «Жизненные формы».

При заполнении сведений о жизненных формах в базе данных использовали информацию из разных источников:

- а) собственные материалы, полученные в ходе полевых наблюдений и анализа гербарных образцов, собранных в ходе исследований;
- б) сравнительные данные, полученные в итоге анализа гербарных материалов из открытых баз данных (Цифровой ..., 2025);
- в) информацию, взятую из литературных источников (Флора ..., 1934–1964; Маевский, 2014; Онтогенетический ..., 1997–2013; Васюков, 2003; Янчуркина, 1976).

При подготовке информации о каждом виде принималось во внимание, что в разных условиях тот или иной вид способен развивать разные жизненные формы, поэтому при анализе литературных сведений для указаний у вида выбирались те, которые он способен развивать в агроценозах или условиях, наиболее приближенных к полям (см. рис. 1).

В секции «Объекты» путем установки галочек в чек-боксах можно указать либо все, либо только интересующие таксоны (см. рис. 1).

В секции «Условия» для повышения селективности выводимых результатов, помимо обязательных параметров «Регион» и «Культура», предусмотрено указание дополнительных: источника данных (обследования полей, исследования образцов продукции, гербарные сборы, литературные данные или все), а также года (нескольких лет). При выборе обследований полей в качестве источника данных дополнительно появляется возможность указать локализацию в посевах (на краю и в основной части массива).

Непосредственно в секции «Жизненные формы» можно указывать или конкретные, или все значения категорий в дереве жизненных форм,

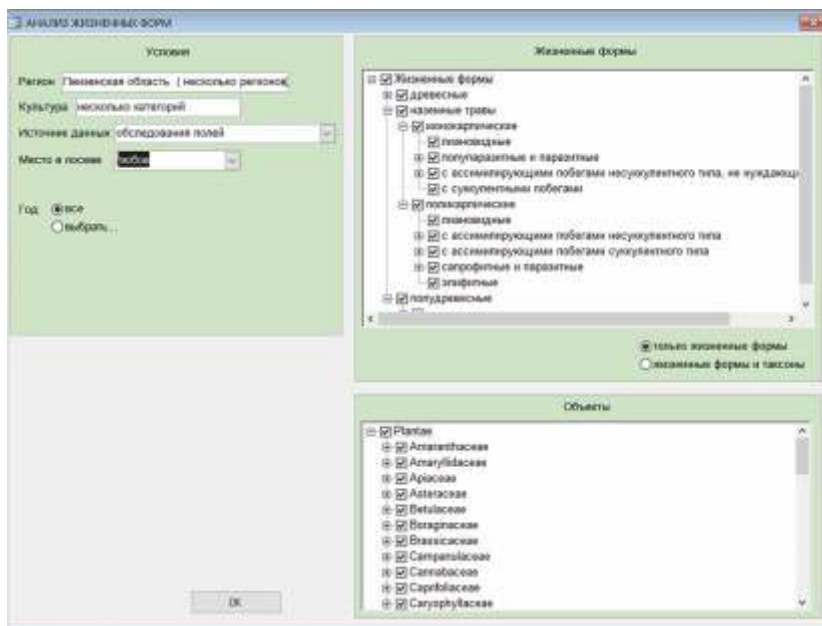


Рис. 1. Фрагмент примера формирования запроса (установка параметров секций)

Fig. 1. A fragment of an example of query formation (setting section parameters)

the "Life Form Analysis" query form allowed for quick access to a large array of heterogeneous data and the prompt retrieval of standardized and consolidated information. The query parameters in this form are grouped into the sections "Conditions", "Objects", "Life forms".

When filling in the information about life forms in the database, information from various sources was used:

- a) original materials obtained through field observations and analysis of herbarium specimens collected during research;
- b) comparative data obtained through analysis of herbarium materials from open databases (Digital..., 2025);
- c) information taken from literary sources (Flora..., 1934–1964; Mayevsky, 2014; Ontogenetic..., 1997–2013; Vasyukov, 2003; Yanchurkina, 1976).

When preparing information about each species, it was taken into account that under different conditions a particular species is capable of developing different life forms, therefore, when analyzing literary information for indications about a species, those that it is capable of developing in agroecosystems or conditions closest to fields were selected (see Fig. 1).

In the "Objects" section, by checking the checkboxes, you can specify either all or only the taxa of interest (see Fig. 1).

To improve the selectivity of the displayed results, in addition to the mandatory "Region" and

Жизненная форма	Таксон	Поиск в базе	Поиск в базе	Всего
однолетние травы	<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) A. Low	30	30	30
	<i>Vicia hirsuta</i> (L.) Gray	2	1	2
полукарпические и карпические растения	<i>Cerastia caryophylla</i> Yanch	7	2	7
	<i>Actium tomentosum</i> Mill	10	3	10
двухлетние травы	<i>Stellaria media</i> L.	2	2	2
	<i>Cerastium acutifolium</i> L.	10	10	10
двухлетние травы	<i>Cerastium vulgatum</i> (Sax)	1	1	1
	<i>Taraxacum officinale</i> L.	2	1	2
двухлетние травы	<i>Echium vulgatum</i> L.	10	5	10
	<i>Equisetum arvense</i> L.	7	7	7
двухлетние травы	<i>Elymus pycnanthemus</i> Auct. ex DC.	2	2	2
	<i>Phytolacca sp.</i> L.	1	1	1
двухлетние травы	<i>Melilotus albus</i> Steud.	1	1	1
	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Lam.	2	2	2
двухлетние травы	<i>Onopordium terebinthaceum</i> L.	1	1	1
	<i>Parthenocissis vitacea</i> subsp. sativa	2	2	2
двухлетние травы	<i>Polygonum maritimum</i> L.	1	1	1
	<i>Silene latifolia</i> subsp. alba (Mill.) Crantz & Sadeb.	10	1	10
двухлетние травы	<i>Thlaspi arvense</i> subsp. minus (Steud.) Volk.	5	1	5
	<i>Veronica hederifolia</i> L.	4	1	4
двухлетние травы	<i>Veronica hederifolia</i> L.	1	1	1
	<i>Veronica hederifolia</i> L.	1	1	1

Рис. 1. Лист Excel с результатом запроса (фрагмент)

Fig. 2. Excel sheet with query result (fragment)

установив галочки в чек-боксах. Для выполнения запроса нужно нажать кнопку «ОК» (см. рис. 1). После выполнения запроса в приложении Excel открывается лист, содержащий информацию о принадлежности объектов к жизненным формам, а также о количестве случаев выявления в соответствии с заданными условиями (см. рис. 2).

Латинские названия растений приведены по World Checklist of Vascular Plants (WCVP) (Govaerts, 2025). Для целей составления контрольного списка таксонов объем семейств принят по системе APG IV (Chase et al., 2016).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные данные результатов запросов по каждой исследованной культуре в Пензенской и Самарской областях были использованы в ценофлористическом анализе.

Сравнение структур жизненных форм ценофлор посевов пшеницы и масличного льна Среднего Поволжья выявило их значительное сходство (см. табл. 2). В составе сорного компонента обеих культур и Самарской, и Пензенской областей обнаружено ожидаемое преобладание травянистых растений, среди которых практически равное участие принимают травянистые поликарпики и монокарпики (в пшенице Среднего Поволжья – 152 и 142 вида соответственно, в масличном льне – 119 и 115 видов соответственно) (см. табл. 2). Среди травянистых поликарпических растений наибольшее и примерно равное участие в сложении структуры биоморф принимают корневищные (58 видов в пшенице, 44 – во льне) и стержнекорневые (53 вида – в пшенице и 40 – во льне) растения (см. табл. 2). В группе монокарпических травянистых растений абсолютное большинство занимают однолетние растения (113 видов в пшенице, 92 – во льне), но также отмечены более 20 видов двулетних монокарпиков (преимущественно из семейства

"Culture" parameters, the "Conditions" section now allows for additional parameters: data source (field surveys, product sample studies, herbarium collections, literature data, or all), as well as year (multiple years). When selecting field surveys as the data source, you can also specify the location within the crop (at the edge or in the main part of the array).

Directly in the "Life Forms" section, you can specify either specific values or all category values in the life form tree by checking the checkboxes. To run the query, click the "OK" button (see Figure 1). After running the query, a worksheet opens in Excel containing information about the life form assignments of objects, as well as the number of detections according to the specified criteria (see Figure 2).

The Latin names of plants are given according to the World Checklist of Vascular Plants (WCVP) (Govaerts, 2025). For the purposes of compiling the taxon checklist, the family size is adopted according to the APG IV system (Chase et al., 2016).

RESULTS AND DISCUSSION

The obtained data from the query results for each studied crop in Penza Oblast and Samara Oblast were used in the cenofloristic analysis.

A comparison of the life form structures of the cenofloras of wheat and oilseed flax crops in the Middle Volga region revealed significant similarities (see Table 2). The expected prevalence of herbaceous plants was found in the weed component of both crops in Penza Oblast and Samara Oblast, with herbaceous polycarpic and monocarpic plants accounting for an almost equal share (152 and 142 species, respectively, in wheat in the Middle Volga region, and 119 and 115 species, respectively, in oilseed flax) (see Table 2). Among herbaceous polycarpic plants, rhizome (58 species in wheat, 44 in flax) and taproot (53 species in wheat and 40 in flax) plants account for the largest and approximately equal share in the formation of the biomorph structure (see Table 2). In the group of monocarpic herbaceous plants, the absolute majority are annual plants (113 species in wheat, 92 in flax), but there are also more than 20 species of biennial monocarpic plants (mainly from the families Apiaceae, Asteraceae, Boraginaceae and Brassicaceae) and 2 species of perennial monocarpic plants from the family Apiaceae (*Libanotis sibirica* (L.) C.A.Mey. and *Pastinaca sativa* subsp. sativa) (see Table 2).

Among annual monocarpic plants, long-growing spring annuals predominate (63 species in wheat, 53 in flax) (see Table 2).

Табл. 2. Соотношение жизненных форм ценофлор посевов пшеницы и льна Среднего Поволжья
Table 2. Ratio of life forms of cenoflora of wheat and flax crops in the Middle Volga region

Жизненные формы Life forms	С.П. M.V.	С.О. S.O.		П.О. P.O.		С.П. M.V.	С.О. S.O.	П.О. P.O.
	пш. w.	о.пш. w.w.	я.пш. s.w.	о.пш. w.w.	я.пш. s.w.	лен flax	лен flax	лен flax
Абсолютное число видов Absolute number of species								
Древесные растения Woody plants	21	8	13	8	6	11	6	8
из них: of which:								
деревья trees	10	4	7	3	4	8	4	6
кустарники shrubs	11	4	6	5	2	4	2	3
Полудревесные растения Semi-woody plants	3	1	2	1		2	2	0
полукустарники semi-shrubs	2	1	2	1				
из них: of which:								
прямостоячий erect	1	1	1	1				
лиановидный liana-like	1		1					
из них: of which:								
полукустарнички dwarf subshrubs	1	1				2	2	0
Травянистые поликарпик с ассимилирующими побегами – несуккулентного типа Herbaceous polycarpic plants with assimilating shoots - non-succulent type	152	61	96	102	79	119	91	83
из них: of which:								
стержнекорневые taproot	53	24	33	30	27	40	29	28
кистекоорневые racemose	4	1	1	3		2	1	2
корневищные rhizome	58	19	35	41	31	44	36	29
ползучие creeping	1		1	1		2	1	2
столонообразующие stolon-forming	2	1	1	2	1	2	0	2
дерновинные tussock-forming	18	6	10	13	7	13	12	7
клубнеобразующие tuberculate	3	1	3	2	2	1	1	1
луковичные bulbous						1	0	1
корнеотпрысковые root-sprouting	9	6	8	8	7	11	9	9
- суккулентного типа: - succulent type:						1	0	1
- лиановидные - liana-like	2	2	2	2	2	1	1	1
- паразитные - parasitic	2	1	2			1	1	0

Жизненные формы Life forms	С.П. M.V.	С.О. S.O.		П.О. P.O.		С.П. M.V.	С.О. S.O.	П.О. P.O.
	пш. w.	о.пш. w.w.	я.пш. s.w.	о.пш. w.w.	я.пш. s.w.	лен flax	лен flax	лен flax
Абсолютное число видов Absolute number of species								
Травянистые монокарпики Herbaceous monocarpic plants	142	83	86	95	70	115	91	95
из них: of which:								
многолетние perennial	2	1	1	2	1	2	2	1
двулетние biennial	27	16	17	17	11	21	16	18
однолетние annual	113	66	68	76	58	92	73	76
из них: of which:								
- длительно вегетирующие яровые - long-growing spring crops	63	36	39	37	33	53	41	36
- длительно вегетирующие озимые - long-growing winter crops	42	25	25	33	20	34	28	28
- лианоидные - lianoid	4	2	2	4	3	3	2	2
- полупаразитные - semi-parasitic	3	2	1	1	1	1	1	0
- паразитные - parasitic	1	2	1	1	1	1	1	1

Примечание: С.П. – Среднее Поволжье; С.О. – Самарская область; П.О. – Пензенская область; пш. – пшеница в целом; о.пш. – озимая пшеница; я.пш. – яровая пшеница
 Note: M.V. – Middle Volga region; S.O. – Samara Oblast; P.O. – Penza Oblast; w. – wheat; w.w. – winter wheat; s.w. – spring wheat

зонтичных, сложноцветных, бурачниковых и крестоцветных) и два вида многолетних монокарпиков из семейства зонтичных (*Libanotis sibirica* (L.) C.A.Мей. и *Pastinaca sativa* subsp. *sativa*) (см. табл. 2).

Среди однолетних монокарпических растений преобладают длительно вегетирующие яровые однолетники (63 вида в пшенице, 53 – во льне) (см. табл. 2).

Стоит отметить, что аналогичную биоморфологическую структуру агрофитоценозов масличного льна с преобладанием яровых однолетних, корневищных и корнеотпрысковых групп выявили при изучении многолетней динамики сорного компонента агрофитоценозов льна масличного на юге нечерноземной зоны России – в Мордовии (Бочкарев и др., 2023).

В составе как многолетних поликарпических, так и однолетних монокарпических растений зафиксированы паразитические растения (виды *Orobanche* и *Cuscuta campestris* соответственно) (см. табл. 2).

В посевах пшеницы и льна Среднего Поволжья отмечено 21 древесное растение в пшенице и 11 – во льне (см. табл. 2, рис. 3, 4). Они представлены деревьями – *Acer negundo* L., *Ulmus minor* Mill., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, *Prunus padus* L., *Malus domestica* (Suckow) Borkh., видами тополей и др., кустарниками – *Prunus spinosa* L., *Rubus idaeus* L. и *Rubus caesius* L., *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woł.) Klásk., *Caragana arborescens* Lam., *Genista tinctoria* L. и др. Древесные растения чаще отмечены на ранних стадиях онтогенеза в виде проростков, ювенильных растений или вегетативной поросли в основной и краевой части посевов. Любопытно, что в работах известных исследователей

It is worth noting that a similar biomorphological structure of oilseed flax agrophytocenoses with a predominance of spring annual, rhizome and root-sprouting groups was revealed when studying the long-term dynamics of the weed component of oil flax agrophytocenoses in the south of the non-chernozem zone of Russia in Mordovia (Bochkarev et al., 2023).

Parasitic plants (species *Orobanche* and *Cuscuta campestris*, respectively) were recorded in both perennial polycarpic and annual monocarpic plants (see Table 2).

In the wheat and flax crops of the Middle Volga region, 21 woody plants were noted in wheat and 11 in flax (see Table 2, Figs. 3, 4). They are represented by the trees – *Acer negundo* L., *Ulmus minor* Mill., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, *Prunus padus* L., *Malus domestica* (Suckow) Borkh., видами тополей и др., кустарниками – *Prunus spinosa* L., *Rubus idaeus* L. and *Rubus caesius* L., *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woł.) Klásk., *Caragana arborescens* Lam., *Genista tinctoria* L. etc. Woody plants are most often observed in the early stages of ontogenesis as seedlings, juvenile plants, or vegetative shoots in the main and marginal parts of crop fields. It is curious that in the works of renowned weed researchers in the USSR, the life form of woody plants was not distinguished at all (Maltsev, 1936; Kott, 1955; Nikitin, 1957; Fisyunov, 1984). In later



Рис. 3. Имматурное растение *Fraxinus pennsylvanica* в посевах льна Самарской области (фото авторов)



Рис. 4. *Genista tinctoria* в посевах пшеницы Пензенской области (фото авторов)

растений СССР жизненная форма древесных растений не выделялась совсем (Мальцев, 1936; Котт, 1955; Никитин, 1957; Фисюнов, 1984). В более поздних работах В. В. Никитин (Никитин, 1983) отмечал, что до появления тракторной пахоты в посевах присутствовали такие виды кустарников, как миндаль низкий, ежевика сизая, крушина слабительная. На увеличение видового состава древесных растений в дальнейшем повлияло внедрение системы защитных лесополос и несоблюдение режимов опашивания/обкашивания обочин посевов. Однако, возможно, при анализе сорных растений посевов в советское время обочина посевов не учитывалась совсем. Присутствие древесных растений в основной части посевов и на их обочинах обусловлено близким соседством некоторых исследованных полей с землями лесного фонда.

Незначительное отличие в структуре ценофлоры посевов двух культур выражено в присутствии в посевах пшеницы жизненной формы полукустарники, которые представлены прямостоячим полукустарником *Artemisia abrotanum* L. и лиановидным полукустарником *Solanum dulcamara* L., а в посевах льна – травянистого поликарпика с побегами суккулентного типа – *Allium rotundum* L. (см. табл. 2). Так как находки видов этих жизненных форм были единичными и сделаны на обочине посевов, то, вероятнее всего, в системе севооборотов при отсутствии обработки обочин полей они могут быть отмечены в последующем в обеих культурах.

works, V.V. Nikitin (Nikitin, 1983) noted that before the advent of tractor plowing, such shrub species as low almond, blueberry, and cathartic buckthorn were present in crop fields. The introduction of shelterbelt systems and failure to observe plowing/mowing regimes on crop margins subsequently influenced the increase in the species composition of woody plants. However, it's possible that during the Soviet era, weed analysis of crops completely ignored the edges of crops. The presence of woody plants in the main part of crops and on their edges is due to the close proximity of some of the studied fields to forest lands.

A slight difference in the structure of the cenoflora of the two crops is expressed in the presence of a subshrub life form in the wheat crops, which is represented by the erect subshrub *Artemisia abrotanum* L. and the liana-like subshrub *Solanum dulcamara* L., and in the flax crops - a herbaceous polycarpic plant with succulent shoots - *Allium rotundum* L. (see Table 2). Since the detections of these life forms were single and made on the margins of crops, then, most likely, in a crop rotation system in the absence of field margin cultivation they can be noted subsequently in both crops.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования, проведенные в Пензенской и Самарской областях, выявили значительное сходство биоморфологической структуры ценофлор посевов пшеницы и льна на территории Среднего Поволжья. Для обеих ценофлор характерно преобладание травянистых растений, среди которых практически равное участие составляют травянистые поликарпики и монокарпики. Среди монокарпических травянистых растений преобладают однолетние длительно вегетирующие яровые монокарпические растения.

Подобная биоморфологическая структура посевов выявлена и другими исследователями, изучавшими масличный лен на юге нечерноземной зоны России – в Мордовии (Бочкарев и др., 2023).

В посевах пшеницы и масличного льна Среднего Поволжья выявлены древесные растения преимущественно на ранних стадиях онтогенеза. Их присутствие объясняется недостаточной обработкой обочин, близким расположением некоторых полей к древесным насаждениям (лесам, колкам, лесополосам), соседством с залежными участками, находящимися на этапе восстановления лесной растительности. Эти факторы способствуют проникновению на поля диаспор древесных растений.

Для ввода и формирования параметрических запросов были использованы формы, разработанные в «Базе данных по сорным растениям сельскохозяйственных культур Среднего Поволжья для обеспечения экспортного потенциала региона» (Свидетельство ..., 2025).

Финансирование. Исследования выполнены в рамках реализации тем государственных заданий Всероссийского центра карантина растений: № 1022040900012-7-4.1.1 «Разработка базы данных по сорным растениям Среднего Поволжья (на примере Пензенской и Самарской областей) для обеспечения экспортного потенциала пшеницы», № 1022060500004-4-4.1.1 «Разработка базы данных по сорным растениям в посевах масличного льна Среднего Поволжья (на примере Пензенской и Самарской областей) для обеспечения экспортного потенциала региона».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васюков В.М. Флора юго-западной части Приволжской возвышенности: дис. ... канд. биол. наук. Саранск: Морд. гос. ун-т им. Н.П. Огарева; 2003.
2. Котт С.А. Сорные растения и меры борьбы с ними. М.: Сельхозгиз, 1955, 384 с.
3. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014, 635 с.
4. Мальцев А.И. Сорная растительность СССР и меры борьбы с нею. М.-Л.: Сельхозгиз, 1936, 318 с.
5. Никитин В.В. Сорная растительность Туркмении. Ашхабад: изд. АН Турк. ССР, 1957, 581 с.
6. Никитин В.В. Сорные растения флоры СССР. Л.: Наука, 1983, 454 с.
7. Онтогенетический атлас растений. Т. 1–7. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 1997–2013.
8. Оценка сорного компонента посевов льна масличного как основа фитосанитарного проектирования /

CONCLUSION

Research conducted in Penza Oblast and Samara Oblast revealed significant similarities in the biomorphological structure of wheat and flax crop cenofloras in the Middle Volga region. Both cenofloras are characterized by a predominance of herbaceous plants, with a nearly equal proportion of polycarpic and monocarpic herbaceous plants. Among the monocarpic herbaceous plants, annual, long-season, spring monocarpic plants predominate.

A similar biomorphological structure of crops was also identified by other researchers who studied oilseed flax in the south of the non-chernozem zone of Russia in Mordovia (Bochkarev et al., 2023).

Woody plants were detected in wheat and oilseed flax fields in the Middle Volga region, primarily in the early stages of development. Their presence is explained by insufficient roadside cultivation, the proximity of some fields to woody stands (forests, groves, shelterbelts), and the proximity to fallow areas undergoing forest restoration. These factors facilitate the introduction of woody plant diaspores into the fields.

To enter and generate parametric queries, forms developed in the "Database on weeds of agricultural crops of the Middle Volga region to ensure the export potential of the region" (Certificate ..., 2025) were used.

Financing. The research was carried out within the framework of the implementation of the topics of state assignments of the All-Russian Plant Quarantine Center: No. 1022040900012-7-4.1.1 "Development of a database of weeds in the Middle Volga region (case of Penza Oblast and Samara Oblast) to ensure the export potential of wheat", No. 1022060500004-4-4.1.1 "Development of a database of weeds in oil flax crops in the Middle Volga region (case of Penza Oblast and Samara Oblast) to ensure the export potential of the region".

REFERENCES

1. Vasyukov V.M. Flora of the southwestern part of the Volga Upland [Flora yugo-zapadnoy chasti Privolzhskoy vozvyshennosti]: diss. ... Cand. of Biological Sciences. Saransk: Mord. State University named after N.P. Ogarev; 2003. (In Russ.)
2. Kott S.A. Weeds and measures to control them [Sornyye rasteniya i mery borby s nimi]. Moscow: Selkhozgiz, 1955, 384 p. (In Russ.)
3. Maevsky P.F. Flora of the central zone of the European part of Russia [Flora sredney polosy yevropeyskoy chasti Rossii]. 11th ed. Moscow: KMK Scientific Publications Partnership, 2014, 635 p. (In Russ.)
4. Maltsev A.I. Weed vegetation of the USSR and measures to control it. Moscow-Leningrad: Selkhozgiz, 1936, 318 p. (In Russ.)
5. Nikitin V.V. Weed vegetation of Turkmenistan [Sornaya rastitelnost Turkmenii]. Ashgabat: Publishing House of the Academy of Sciences of the Turkic SSR, 1957, 581 p. (In Russ.)
6. Nikitin V.V. Weeds of the USSR flora [Sornyye rasteniya flory SSSR]. L.: Nauka, 1983, 454 p. (In Russ.)

Д.В. Бочкарев, А.В. Столяров, А.Н. Никольский, Г.Н. Кузнецова, В.Д. Бочкарев, А.Г. Вишняков // *Нива Поволжья*. 2023. № 1 (65). С. 1007. <https://doi.org/10.36461/NP.2023.65.1.012>.

9. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025623377 Российская Федерация. База данных по сорным растениям сельскохозяйственных культур Среднего Поволжья для обеспечения экспортного потенциала региона: № 2025622823; заявл. 25.07.2025; опубл. 15.08.2025 / Е. А. Сухолозова, Д. А. Комаров, К. Н. Стельмах, А. В. Сафонов; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский центр карантина растений».

10. Сеgetальная флора некоторых регионов России: характеристика таксономической структуры / А.С. Третьякова, О.Г. Баранова, Н.Н. Лунева, Т.А. Терехина, С.М. Ямалов, М.В. Лебедева, Г.Р. Хасанова, Н.Ю. Груданов // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020. № 181 (2). С. 123–133. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-2-123-133>.

11. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высшая школа, 1962, 379 с.

12. Сухолозова Е.А., Сухолозов Е.А., Сафонов А.В. Изучение сорных растений в пшенице, выращенной на территории Пензенской области, для оценки экспортного потенциала региона // *Фитосанитария. Карантин растений*. 2022. № 2 (10). С. 14–24.

13. Сухолозова Е.А., Сухолозов Е.А., Сафонов А.В. Методы учета видового состава сорных растений при мониторинге посевов пшеницы для оценки экспортного потенциала регионов (на примере Пензенской области) // *Теоретические и прикладные аспекты организации, проведения и использования мониторинговых наблюдений. Междунар. науч. конф., посвященной 95-летию со дня рождения члена-корреспондента НАН Беларуси Е.А. Сидоровича: сб. материалов*. Минск: ИВЦ Минфина, 2023. С. 101–105.

14. Фисюнов А.В. Сорные растения. М.: Колос, 1984, 320 с.

15. Флора СССР. Т. 1–30. Л.; М.: Изд-во АН СССР, 1934–1964.

16. Цифровой гербарий МГУ. – URL: <https://plant.depo.msu.ru/> (дата обращения: 25.10.2025).

17. Юрцев Б.А., Камелин Р.В. Основные понятия и термины флористики. Пермь: Перм. ун-т, 1991, 80 с.

18. Янчуркина А.А. Флористический состав и распространение сорных растений Куйбышевской области: дис. ... канд. биол. наук. Ленинград-Пушкин: Ленингр. с.-х. ин-т; 1976.

19. Chase M.W., M.J.M. Christenhusz, M.F. Fay, J.W. Byng, W.S. Judd, D.E. Soltis, D.J. Mabberley, A.N. Sennikov, P.S. Soltis, ... & A. Weber. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*. – 2016. 181 (1). P. 1–20.

20. Govaerts R (ed.). WCVP: World Checklist of Vascular Plants. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. – URL: <http://sftp.kew.org/pub/data-repositories/WCVP/> (дата обращения: 11.10.2025).

7. Ontogenetic atlas of plants. T. 1-7. Yoshkar-Ola: Mar. state University, 1997–2013. (In Russ.)

8. Evaluation of the weed component in oilseed flax crops as a basis for phytosanitary design / D.V. Bochkarev, A.V. Stolyarov, A.N. Nikolsky, G.N. Kuznetsova, V.D. Bochkarev, A.G. Vishnyakov // *Niva Povolzh'ye*. 2023; 1 (65): 1007. <https://doi.org/10.36461/NP.2023.65.1.012>. (In Russ.)

9. Certificate of state registration of database No. 2025623377 Russian Federation. Database of weeds of agricultural crops of the Middle Volga region to ensure the export potential of the region: No. 2025622823: declared. 25.07.2025: published. 15.08.2025 / E. A. Sukholozova, D. A. Komarov, K. N. Stelmakh, A. V. Safonov; applicant Federal State Budgetary Institution "All-Russian Plant Quarantine Center".

10. Tretyakova A.S., Baranova O.G., Luneva N.N., Terekhina T.A., Yamalov S.M., Lebedeva M.V., Khasanova G.R., Grudanov N.Yu. Segetal flora of some regions of Russia: characteristics of the taxonomic structure. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2020; 181(2): 123–133. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-2-123-133>.

11. Serebryakov I.G. Ecological morphology of plants [Ekologicheskaya morfologiya rasteniy]. Life forms of angiosperms and conifers. Moscow: Vysshaya shkola, 1962, 379 p. (In Russ.)

12. Sukholozova E.A., Sukholozov E.A., Safonov A.V. Study of weeds in wheat grown in Penza Oblast to assess the export potential of the region // *Plant Health and Quarantine*. 2022; 2 (10): 14–24. (In Russ.)

13. Sukholozova E.A., Sukholozov E.A., Safonov A.V. Methods for accounting for the species composition of weeds when monitoring wheat crops to assess the export potential of regions (the case of Penza Oblast) // *Theoretical and applied aspects of organizing, conducting and using monitoring observations. Int. scientific conf. dedicated to the 95th anniversary of the birth of Corresponding Member of the NAS of Belarus E.A. Sidorovich: collection of materials*. Minsk: Information and Communicating Center of the Ministry of Finance, 2023. pp. 101–105. (In Russ.)

14. Fisyunov A.V. Weeds [Sornyie rasteniya]. Moscow: Kolos, 1984, 320 p. (In Russ.)

15. Flora of the USSR. T. 1–30. L.; M.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1934–1964. (In Russ.)

16. Digital Herbarium of Moscow State University. – URL: <https://plant.depo.msu.ru/> (last accessed: 10/25/2025).

17. Yurtsev B.A., Kamelin R.V. Basic concepts and terms of floristry [Osnovnyye ponyatiya i terminy floristiki]. Perm: Perm. Univ., 1991, 80 p. (In Russ.)

18. Yanchurkina A.A. Floristic composition and distribution of weeds in the Kuibyshev region [Floristicheskiy sostav i rasprostraneniye sornykh rasteniy Kuybyshevskoy oblasti]: diss. ... Cand. of Biological Sciences. Leningrad-Pushkin: Leningrad Agricultural Institute; 1976. (In Russ.)

19. Chase M.W., M.J.M. Christenhusz, M.F. Fay, J.W. Byng, W.S. Judd, D.E. Soltis, D.J. Mabberley, A.N.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сухолозова Екатерина Александровна, кандидат биологических наук, научный сотрудник Пензенского филиала ФГБУ «ВНИИКР», г. Пенза, Пензенская область, Россия;
ORCID: 0000-0003-1272-4586,
e-mail: e_kobozeva@mail.ru

Комаров Дмитрий Анатольевич, научный сотрудник научно-методического отдела инвазивных видов растений ФГБУ «ВНИИКР», пгт Быково, м. о. Раменский, Московская обл., Россия;
ORCID: 0000-0002-2640-2257,
e-mail: komarov_da1974@mail.ru

Васюков Владимир Михайлович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Самарского федерального исследовательского центра РАН, Института экологии Волжского бассейна РАН;
ORCID: 0000-0002-2688-1673,
e-mail: vvasjukov@yandex.ru

Стельмах Ксения Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник Пензенского филиала ФГБУ «ВНИИКР», г. Пенза, Пензенская область, Россия;
ORCID: 0009-0003-6682-5822,
e-mail: xenon535@mail.ru

Сафонов Алексей Викторович, кандидат сельскохозяйственных наук, директор Новороссийского филиала ФГБУ «ВНИИКР», г. Новороссийск, Краснодарский край, Россия;
ORCID: 0009-0001-1489-0484,
e-mail: av.safonov@list.ru

Sennikov, P.S. Soltis, ... & A. Weber. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*. – 2016. 181 (1). P.1–20.

20. Govaerts R (ed.). WCVP: World Checklist of Vascular Plants. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. – URL: <http://sftp.kew.org/pub/data-repositories/WCVP/> (last accessed: 11.10.2025).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ekaterina Sukholozova, PhD in Biology, Researcher at the Penza Branch of FGBU "VNI IKR", Penza, Penza Oblast, Russia;
ORCID: 0000-0003-1272-4586,
e-mail: e_kobozeva@mail.ru

Dmitry Komarov, Researcher, Research and Methodology Department of Invasive Plant Species, FGBU "VNI IKR", Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia;
ORCID: 0000-0002-2640-2257,
e-mail: komarov_da1974@mail.ru

Vladimir Vasyukov, PhD in Biology, Senior Researcher, Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Institute of Ecology of the Volga Basin of the Russian Academy of Sciences;
ORCID: 0000-0002-2688-1673,
e-mail: vvasjukov@yandex.ru

Ksenia Stelmakh, PhD in Agriculture, Junior Researcher, Penza Branch of FGBU "VNI IKR", Penza, Penza Oblast, Russia; *ORCID: 0009-0003-6682-5822*,
e-mail: xenon535@mail.ru

Alexey Safonov, PhD in Agriculture, Director of the Novorossiysk branch of FGBU "VNI IKR", Novorossiysk, Krasnodar Krai, Russia;
ORCID: 0009-0001-1489-0484,
e-mail: av.safonov@list.ru

Новый для европейских стран инвазионный вредитель овощных и декоративных культур – азиатский табачный трипс *Thrips parvispinus* (Karny, 1922)

ВОЛКОВ О.Г.

ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»),
пгт Быково, м. о. Раменский,
Московская обл., Россия, 140150
ORCID 0000-0002-1539-0342,
e-mail: volkovog@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Трипсы (Insecta, Thysanoptera), как и другие сосущие членистоногие, приобрели статус важных вредителей сельскохозяйственных культур, особенно в защищенном грунте. Вследствие чрезвычайно мелких размеров эти насекомые легко распространяются с продукцией, транспортом, а также потоками воздуха на большие расстояния. Попав в новые места обитания, многие из них становятся опасными вредными организмами. Этому способствуют короткие сроки развития трипсов, прохождение некоторых стадий в укрытиях, а также способность размножаться партеногенетически в течение ряда поколений. Характерный пример – западный цветочный, или калифорнийский, трипс *Frankliniella occidentalis* (Perg.). Этот вид американского происхождения распространился на всех континентах и везде является экономически значимым вредителем большого числа сельскохозяйственных культур в открытом и защищенном грунте, а также переносчиком патогенных вирусов растений. Распространение инвазионных видов трипсов продолжается и в настоящее время. Азиатский табачный трипс *Thrips parvispinus* (Karny) впервые был выявлен на Европейском континенте в 1998 г. в Греции (при первоначальной неверной идентификации), его активное распространение по странам Европы продолжилось в 2010–2020 гг. Этот полифаг способен проникнуть на территорию Российской Федерации с различной продукцией, но в связи с тем, что инвазия в Европе произошла недавно, у специалистов фитосанитарных и сельскохозяйственных организаций отсутствует информация о вредителе. Ранее вид не был включен ни в российские, ни в европейские определители трипсов, что делает

Thrips parvispinus (Karny, 1922), an invasive pest of vegetable and ornamental crops new for European countries

OLEG G. VOLKOV

All-Russian Plant Quarantine Center
(FGBU "VNI IKR"), Bykovo, Ramenskoye,
Moscow Oblast, Russia, 140150
ORCID 0000-0002-1539-0342,
e-mail: volkovog@mail.ru

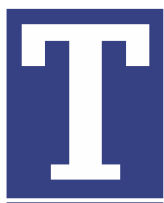
ABSTRACT

Thrips (Insecta, Thysanoptera), like other sucking arthropods, have become important pests of agricultural crops, especially in protected areas. Due to their extremely small size, these insects are easily spread by produce, transport, and air currents over long distances. Once in new habitats, many of them become dangerous pests. This is facilitated by their short development time, the development of some stages in shelters, and the ability to reproduce parthenogenetically over several generations. A typical example is *Frankliniella occidentalis* (Perg.). Native to the United States, this species has spread to every continent and is an economically significant pest of many agricultural crops in both open and protected areas, as well as a vector of plant pathogenic viruses. The spread of invasive thrips species continues today. *Thrips parvispinus* (Karny) was first detected on the European continent in 1998 in Greece (after an initial misidentification). Its active spread across Europe continued in 2010–2020. This polyphagous pest can be introduced into the Russian Federation with various products, but due to the recent invasion of Europe, phytosanitary and agricultural specialists have no information about the pest. Previously, the species was not included in

очень сложной его идентификацию на местах при выявлении. В данной работе представлена полная информация о диагностических признаках азиатского табачного трипса *T. parvispinus*, сопровождаемая оригинальными микрофотографиями этих признаков, а также приведены сведения о биологии, вредности и мерах контроля вредителя, полученные из доступных источников.

Ключевые слова. Отсутствующий вид, идентификация, диагностические признаки, микрофотографии, меры контроля.

ВВЕДЕНИЕ



Трипсы, или бахромчатокрылые насекомые (Insecta, Thysanoptera), распространены повсеместно – от арктической зоны до тропических лесов. В настоящее время на Земле обитает не менее 20 000 видов трипсов (Lewis, 1997), из которых пока зарегистрировано и описано более 6000 видов (Mound, Morris, 2007). В качестве вредителей культурных растений в Европе отмечено около 70 видов трипсов (Moritz, 1994). Вследствие чрезвычайно мелких размеров – длина туловища обычно около 1 мм или менее – трипсы легко распространяются на новые территории обитания с разнообразной продукцией, транспортом, потоками воздуха и иными путями. В начале XXI века в странах Европы было зарегистрировано уже 52 чужеродных вида трипсов, принадлежащих к четырем семействам. В первой половине XX века среди инвазионных видов в Европе преобладали выходцы с американского континента, затем стали преобладать виды азиатского происхождения (Reynaud, 2010).

Инвазии трипсов осуществляются и на территорию Российской Федерации. Хорошо известный пример – западный цветочный, или калифорнийский, трипс *Frankliniella occidentalis* (Perg., 1895) – карантинный вредный организм американского происхождения. Исходно вредитель был распространен на западе США, после 1970 г. завезен во многие страны Азии, Африки, Центральной и Южной Америки, Европы и Океании. В Западной Европе трипс был обнаружен в 1983 г., в настоящее время распространился практически во всех европейских странах. В России вид впервые был выявлен в теплицах Ленинградской области в 1989 г. В 2024 г. западный цветочный трипс был официально зарегистрирован уже в 35 субъектах Российской Федерации, площадь установленных карантинных фитосанитарных зон составила 1 080,471 га, или около 30% всей площади защищенного грунта круглогодичной эксплуатации («Национальный доклад...», 2025). Во всех предприятиях защищенного грунта, в которые он проник, трипс является одним из главных вредителей овощных и декоративных культур. Другой инвазионный вид трипсов американского происхождения, эхинотрипс американский *Echinothrips americanus* Morgan, 1913 в последние годы также начал появляться

either Russian or European thrips identification guides, making it very difficult to identify on-site when detected. This paper presents comprehensive information on the diagnostic characters of *T. parvispinus*, accompanied by original microphotographs of these characters. It also provides information on the biology, harmfulness, and control measures of the pest, obtained from available sources.

Key words. Absent species, identification, diagnostic characters, microphotographs, control measures.

INTRODUCTION



Thrips, or fringed-winged insects (Insecta, Thysanoptera), are distributed worldwide, from the Arctic zone to tropical forests. Currently, at least 20,000 species of thrips inhabit the Earth (Lewis, 1997), of which more than 6,000 have been recorded and described (Mound and Morris, 2007). About 70 thrips species have been recorded as pests of cultivated plants in Europe (Moritz, 1994). Due to their extremely small body length (usually about 1 mm or less), thrips easily spread to new habitats through various products, transport, air currents, and other means. By the beginning of the 21st century, 52 alien thrips species belonging to four families had already been reported in European countries. In the first half of the 20th century, invasive species in Europe were dominated by those originating from the American continent, then species of Asian origin began to predominate (Reynaud, 2010).

Thrips invasions also occur in the Russian Federation. A well-known example is *Frankliniella occidentalis* (Perg., 1895), a quarantine pest of American origin. Originally distributed in the western United States, after 1970 it was introduced into many countries in Asia, Africa, Central and South America, Europe, and Oceania. Thrips was detected in Western Europe in 1983 and has now spread to all European countries. In Russia, the species was first reported in greenhouses in the Leningrad Region in 1989. By 2024, *Frankliniella occidentalis* had been officially reported in 35 constituent entities of the Russian Federation, with the area of established quarantine phytosanitary zones amounting to 1,080,471 hectares, or approximately 30% of the total area of protected soil used year-round ("National Report...", 2025). In all greenhouses where it has invaded, thrips are one of the main pests of vegetable and ornamental crops. Another invasive thrips species of American origin, *Echinothrips americanus* Morgan, 1913, has also been reported in greenhouses in Russia in recent years, primarily in rose greenhouses. Other invasive thrips should also be expected to appear in the country.

в защищенном грунте России, в основном в теплицах, где выращивают розы. Следует ожидать появления на территории страны и других инвазионных трипсов.

Азиатский табачный трипс *Thrips parvispinus* (Karny, 1922) (Asian tobacco thrips, <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.53744>) изначально был распространен в Юго-Восточной Азии, от Явы и Тайваня до Восточного Тимора (Mound, Masumoto, 2005). Затем этот вид трипсов расширил свой ареал на Китай, Индию и другие азиатские страны, а также был обнаружен в нескольких африканских странах. В Европе *T. parvispinus* был впервые обнаружен в Греции в 1998 г. (Mound, Collins, 2000), позже он был выявлен в Испании в 2017 г., во Франции в 2018 г., в Нидерландах в 2019 г. и в Германии к концу 2021 г., в Бельгии в 2022 г. Азиатский табачный трипс также был выявлен на американском континенте в Барбадосе и в США (штат Флорида) в 2020 г., и с тех пор трипс начал распространяться и по территории Северной Америки.

T. parvispinus особенно опасен для выращивания сельскохозяйственных культур в теплицах, где высокие температура и влажность создают идеальные условия для быстрого размножения насекомого. Этот вид трипсов является серьезным вредителем многих культурных растений (<https://gd.eppo.int/taxon/THRIPV>). Короткий жизненный цикл и высокая скорость размножения, при которой самки способны откладывать большое количество яиц, делают борьбу с трипсом сложной.

В связи с продолжающимся расширением ареала *T. parvispinus* вполне вероятно обнаружение этого вредителя и в защищенном грунте Российской Федерации, особенно в южных регионах страны. Морфологически азиатский табачный трипс, как и некоторые другие представители этого рода азиатского происхождения, отличается от всех европейских и российских представителей рода *Thrips* L., 1758 прежде всего непрерывным рядом щетинок на передней жилке переднего крыла (ранее этого трипса относили к роду *Isoneurothrips* Bagnall, 1915). В связи с недавним появлением *T. parvispinus* в странах Европы этот вид не был ранее включен ни в отечественные определители, ни в соответствующие европейские руководства (Яхонтов, 1964; Мещеряков, 1986; Mound, Kibby, 1998; zur Strassen, 2003). В данной работе представлена информация об азиатском табачном трипсе и дано подробное описание его морфологических признаков, проиллюстрированное оригинальными микрофотографиями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выявления диагностических признаков азиатского табачного трипса использовали экземпляры *T. parvispinus*, из которых изготавливали микропрепараты в среде Хойера (Hoyer's medium) (Волков, 2014). Препараты исследовали и фотографировали, используя прямые микроскопы AxioScope. A1 (Zeiss), AxioImager. A1 (Zeiss) и стереомикроскоп Stereo Discovery V12 (Zeiss), применяя методы светлого поля и дифференциально-интерференционного контраста. Микрофотографии получали с помощью цифровых

Thrips parvispinus (Karny, 1922) (Asian tobacco thrips, <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.53744>), was originally spread in Southeast Asia, from Java and Taiwan to East Timor (Mound, Masumoto, 2005). This thrips species then expanded its range to China, India, and other Asian countries, and was also reported in several African countries. In Europe, *T. parvispinus* was first detected in Greece in 1998 (Mound, Collins, 2000), later it was reported in Spain in 2017, in France in 2018, in the Netherlands in 2019, and in Germany by the end of 2021, in Belgium in 2022. Asian tobacco thrips was also detected in the Americas in Barbados and in the United States (Florida) in 2020, and since then the thrips has begun to spread throughout North America.

T. parvispinus is particularly dangerous to greenhouse crops, where high temperatures and humidity create ideal conditions for rapid reproduction. This species is a serious pest of many cultivated plants (EPP0). Its short life cycle and high reproductive rate, with females capable of laying large numbers of eggs, make control difficult.

Due to the ongoing *T. parvispinus* range expansion, it is quite possible that this pest will also be detected in protected ground in the Russian Federation, especially in the southern regions. Morphologically, the Asian tobacco thrips, like some other representatives of this genus of Asian origin, differs from all European and Russian representatives of the genus *Thrips* L., 1758, primarily by a continuous row of setae on the anterior vein of the forewing (previously this thrips was classified as *Isoneurothrips* BAGNALL, 1915). Due to the recent report of *T. parvispinus* in European countries, this species was not previously included in either Russian identification guides or the corresponding European manuals (Yakhontov, 1964; Meshcheryakov, 1986; Mound and Kibby, 1998; zur Strassen, 2003). This paper presents information about the Asian tobacco thrips and provides a detailed description of its morphological characters, illustrated with original microphotographs.

MATERIAL AND METHODS

To identify diagnostic characters of the Asian tobacco thrips, *T. parvispinus* specimens were used, from which microscopic slides were made in Hoyer's medium (Volkov, 2014). The slides were examined and photographed using upright microscopes AxioScope. A1 (Zeiss), AxioImager. A1 (Zeiss) and a stereomicroscope Stereo Discovery V12 (Zeiss), using bright field and differential interference contrast methods. Microphotographs were obtained using digital cameras installed on the microscopes: AxioCam MRc with AxioVision software (Zeiss), Canon PowerShot G9 and Canon PowerShot A640. The resulting digital microphotographs were processed, if necessary, in various versions of Helicon Focus and ACDSSee software.

фотокамер, установленных на микроскопах: AxioCam MRc с программным обеспечением AxioVision (Zeiss), Canon PowerShot G9 и Canon PowerShot A640. Полученные цифровые микрофотографии при необходимости обрабатывали в программах Helicon Focus и ACDSee различных версий.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Диагностические признаки

Принадлежность имаго трипса, самки или самца, к отряду Thysanoptera, семейству Thripidae и роду *Thrips* подтверждается совокупностью признаков (zur Strassen, 2003; Mound, Masumoto, 2005, Mound, 2010). Диагностические признаки вида *Thrips parvispinus* (Karny, 1922) описаны далее (Mound, Collins, 2000; Mound, Azidah, 2009, с изменениями и дополнениями).



Рис. 1. Самка *Thrips parvispinus* – внешний вид (фото: О. Г. Волков)

Fig. 1. *Thrips parvispinus* female appearance (photo by O.G. Volkov)

Длина тела самок около 1 мм, самцов – около 0,6 мм. Оба пола полнокрылые. Окраска: самка (см. рис. 1) равномерно коричневая, голова и грудь бледнее брюшка; голова обычно со щеками, которые темнее средней области; ноги в основном желтые, усики темные, III членик усиков и основания IV и V бледные, переднее крыло темное со светлой полосой у основания, самец буро-желтый (см. рис. 2).

Голова (см. рис. 3): поперечная, усики 7-члениковые, глазки и глазковый пигмент имеются, две пары глазковых щетинок (II и III), глазковые щетинки II короче щетинок III, основания щетинок III расположены по бокам переднего глазка, на передних краях глазкового треугольника или сразу за его пределами, заглазные щетинки S1 и S3 примерно такой же длины, как глазковые щетинки III, заглазные щетинки S2 мелкие.

RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

1. Diagnostic characters

The adult thrips, male or female, belonging to the order Thysanoptera, family Thripidae and genus *Thrips* is confirmed by a combination of characters (zur Strassen, 2003; Mound, Masumoto, 2005, Mound, 2010). The diagnostic characters of the species *Thrips parvispinus* (Karny, 1922) are as follows (Mound, Collins, 2000; Mound, Azidah, 2009, with amendments and additions):

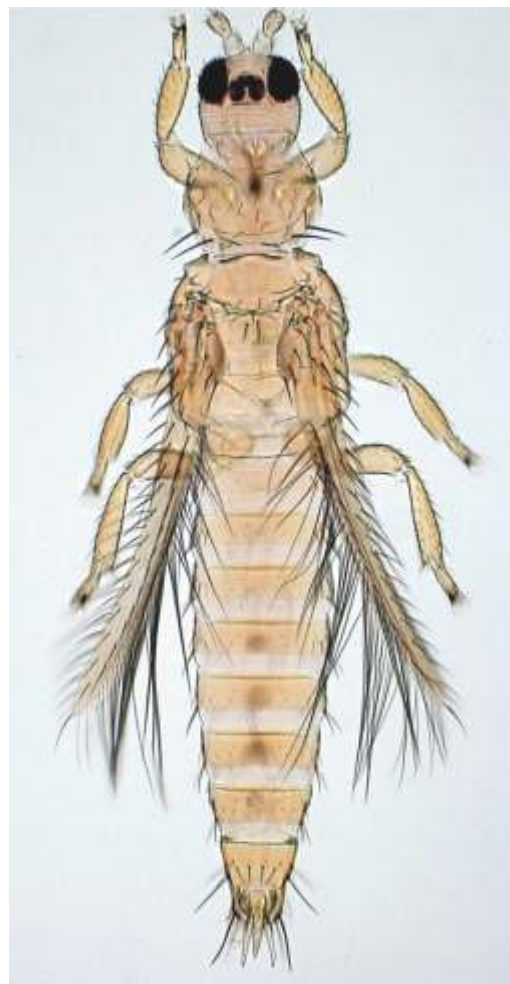


Рис. 2. Самец *Thrips parvispinus* – внешний вид (фото: О. Г. Волков)

Fig. 2. *Thrips parvispinus* male appearance (photo by O.G. Volkov)

The body length of females is about 1 mm, males - about 0.6 mm. Both sexes are macropterous. Coloration: female (Fig. 1) is uniformly brown, with the head and thorax paler than the abdomen; the head usually has cheeks darker than the central area; legs are mostly yellow, antennae are dark, the third antennal segment and bases of the fourth and fifth segments are pale; the forewing is dark-yellow with a light stripe at the base; the male is brownish-yellow (Fig. 2).

Переднегрудь (см. рис. 4) с двумя парами длинных заднеугольных щетинок, между которыми расположены три-четыре пары более мелких щетинок.

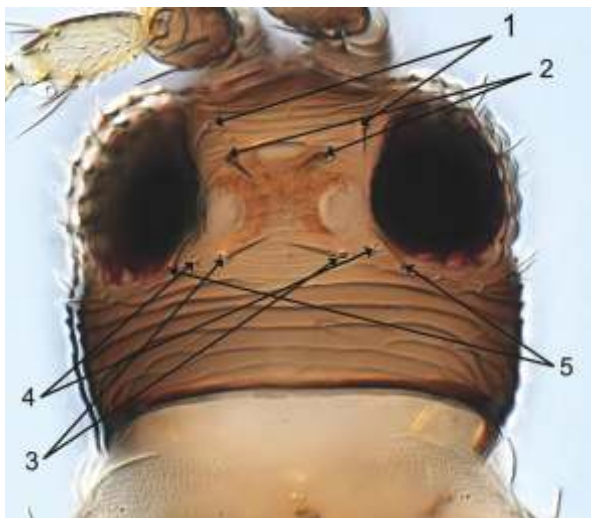


Рис. 3. Голова самки *Thrips parvispinus*. 1 – глазковые щетинки II, 2 – глазковые щетинки III, 3 – заглазные щетинки S1, 4 – заглазные щетинки S2, 5 – заглазные щетинки S3 (фото: О. Г. Волков)

Fig. 3. *Thrips parvispinus* female head. 1 – ocellar setae II, 2 – ocellar setae III, 3 – postocular setae S1, 4 – postocular setae S2, 5 – postocular setae S3 (photo by O.G. Volkov)

Птероторакс (слитые средне- и заднегрудь): заднегрудь (см. рис. 5) в центре с равноугольной сетчатой структурой, ячейки варьируют по форме и иногда со слабыми внутренними скульптурными отметинами; центральные щетинки длиннее боковых, основания центральных щетинок расположены на расстоянии от переднего края заднегрудь; колоколовидные сенсиллы отсутствуют.

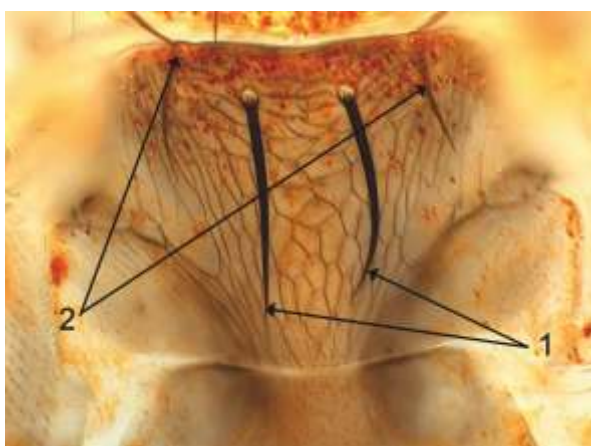


Рис. 5. Заднегрудь самки *Thrips parvispinus*. 1 – центральные щетинки, 2 – боковые щетинки (фото: О. Г. Волков)

Fig. 5. *Thrips parvispinus* female metathorax. 1 – central setae, 2 – lateral setae (photo by O.G. Volkov)

Первая и вторая жилка переднего крыла (см. рис. 6) с полными рядами щетинок; клавиш с пятью краевыми щетинками, терминальная щетинка клавиша длиннее субтерминальной щетинки (см. рис. 7), Передний край переднего крыла (костальная жилка) с щетинками и волосками бахромы,

Head (Fig. 3): transverse, antennae seven-segmented, eyes and ocellar pigment present, two pairs of ocellar setae (II and III), ocellar setae II shorter than setae III, bases of setae III located on the sides of the anterior ocellus, on the front edges of the ocellar triangle or just beyond its limits; postocular setae S1 and S3 approximately the same length as ocellar setae III, postocular setae S2 small.

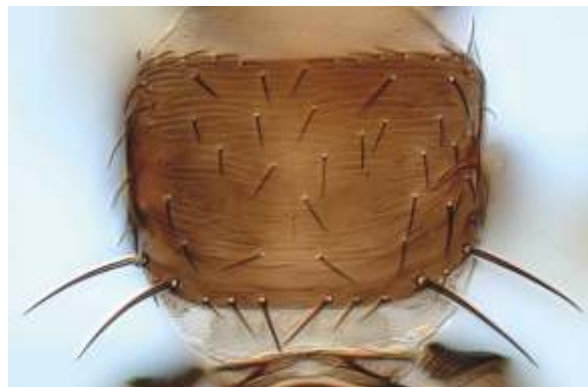


Рис. 4. Переднегрудь самки *Thrips parvispinus* (фото: О. Г. Волков)

Fig. 4. *Thrips parvispinus* female prothorax (photo by O.G. Volkov)

The prothorax (Fig. 4) has two pairs of long posteroangular setae, between which there are 3–4 pairs of smaller setae.



Рис. 6. Переднее и заднее крыло самки *Thrips parvispinus* (фото: О. Г. Волков)

Fig. 6. *Thrips parvispinus* female forewing and hindwing (photo by O.G. Volkov)

Pterothorax (fused mesothorax and meta-thorax): the metathorax (Fig. 5) has a centrally located equiangular reticulate structure, with cells varying in shape and sometimes showing faint internal sculptural marks; the central setae are longer than the lateral ones, the bases of the central setae are positioned at a distance from the anterior edge of the metathorax; campaniform sensilla are absent.

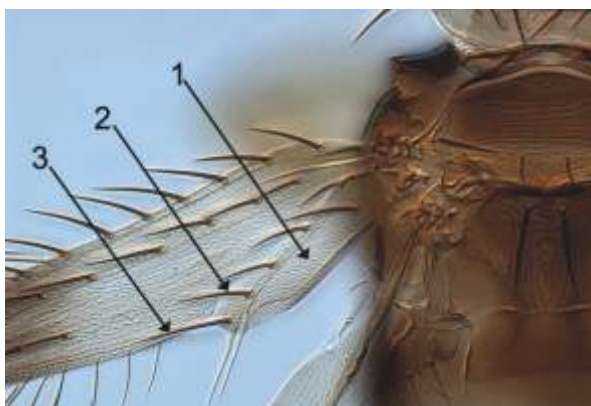


Рис. 7. Клавус крыла самки *Thrips parvispinus*. 1 – клавус, 2 – субтерминальная щетинка клавуса, 3 – терминальная щетинка клавуса (фото: О. Г. Волков)

Fig. 7. *Thrips parvispinus* female wing clavus. 1 – clavus, 2 – subterminal seta of the clavus, 3 – terminal seta of the clavus (photo by O.G. Volkov)

реснички длиннее щетинок. Волоски бахромы на заднем крае переднего крыла около вершины крыльев отчетливо волнистые (см. рис. 8).



Рис. 9. II тергит брюшка самки *Thrips parvispinus*. 1 – боковые (латеральные) щетинки (фото: О. Г. Волков)

Fig. 9. *Thrips parvispinus* female abdomen II tergite. 1 – lateral setae (photo by O.G. Volkov)

Брюшко: тергит II с четырьмя боковыми (латеральными) щетинками (см. рис. 9) (учитывая более мелкую верхнюю щетинку, основание которой обычно расположено на плевротергите).



Рис. 11. Стерниты брюшка самки *Thrips parvispinus*. II–VII номера стернитов (фото: О. Г. Волков)

Fig. 11. *Thrips parvispinus* female abdomen sternites. II–VII sternites (photo by O.G. Volkov)

Поперечный гребень микротрихий на тергите VIII либо полностью отсутствует, либо представлен немногочисленными, очень мелкими микротрихиями по бокам (см. рис. 10).



Рис. 8. Конец переднего крыла самки *Thrips parvispinus*. Волнистая бахрома на заднем крае (фото: О. Г. Волков)

Fig. 8. *Thrips parvispinus* female forewing tip. Wavy fringe on the hind edge (photo by O.G. Volkov)

The first and second veins of the forewing (see Fig. 6) have complete rows of setae; the clavus has 5 marginal setae, with the terminal seta of the clavus longer than the subterminal seta (see Fig. 7). The leading edge of the forewing (costal vein) is covered with setae and fringe hairs, with the hairs being longer than the setae. The fringe hairs on the hind edge of the forewing near the wing apex are distinctly wavy (see Fig. 8).



Рис. 10. VIII тергит брюшка самки *Thrips parvispinus*. 1 – VIII тергит, 2 – дыхальце, 3 – ктенидий (фото: О. Г. Волков)

Fig. 10. *Thrips parvispinus* female abdomen VIII tergite. 1 – VIII tergite, 2 – spiracle, 3 – ctenidia (photo by O.G. Volkov)

Abdomen: tergite II has four lateral (marginal) setae (Fig. 9), (including a smaller upper seta whose base is usually located on the pleurotergite.)

The transverse comb of microtrichia on tergite VIII is either completely absent or represented by a few very small microtrichia on the sides (Fig. 10).

На стернитах (с III по VI) у самок имеется по 6–13 дискальных щетинок, расположенных поперек середины стернита в неправильном ряду. Стерниты II и VII дискальных щетинок не имеют (см. рис. 11).

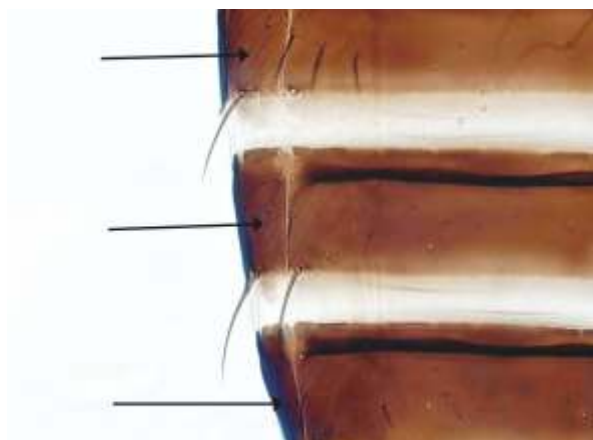


Рис. 12. Тергиты и плевротергиты брюшка самки *Thrips parvispinus*. Стрелки указывают на плевротергиты (фото: О. Г. Волков)

Fig. 12. Tergites and pleurotergites of the *Thrips parvispinus* female abdomen. Arrows indicate pleurotergites (photo by O.G. Volkov).

На плевротергитах дискальные щетинки отсутствуют, плевротергиты не покрыты микротрихиями (см. рис. 12).

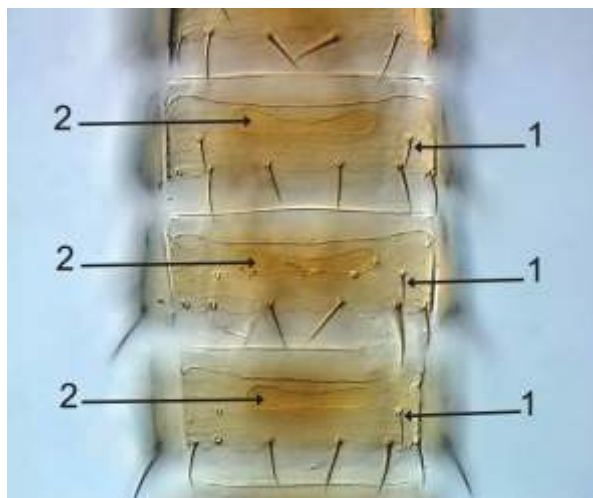


Рис. 14. Стерниты брюшка самца *Thrips parvispinus*. 1 – дискальная щетинка, 2 – железистое поле (фото: О. Г. Волков)

Fig. 14. *Thrips parvispinus* male abdomen sterna. 1 – discal seta, 2 – glandular field (photo by O.G. Volkov)

У самцов на стернитах с III по VI имеются по две дискальные щетинки, обычно расположенные по бокам стернита (см. рис. 14), на тергите IX щетинки S1 немного длиннее S2, основания этих щетинок находятся на одинаковом расстоянии друг от друга, основания щетинок S1 расположены немного выше линии, соединяющей основания щетинок S2 (см. рис. 13), стерниты 3–7 с небольшим поперечным железистым полем (см. рис. 14).

On the sternites from III to VI, females have 6–13 discal setae arranged transversely across the middle of the sternite in an irregular row. Sternites II and VII do not have discal setae (Fig. 11).



Рис. 13. Тергит IX брюшка самца *Thrips parvispinus*. 1 – щетинки S1, 2 – щетинки S2 (фото: О. Г. Волков)

Fig. 13. *Thrips parvispinus* male abdomen IX tergite. 1 – setae S1, 2 – setae S2 (photo by O.G. Volkov)

On the pleurotergites, discal setae are absent, and the pleurotergites are not covered with microtrichia (Fig. 12).

In males, sternites from III to VI each have 2 discal setae, usually located on the sides of the sternite (see Fig. 14). On tergite IX, the setae S1 are slightly longer than S2, with the bases of these setae positioned at equal distances from each other, and the bases of setae S1 are located slightly above the line connecting the bases of setae S2 (see Fig. 13). Sternites III–VII have a small transverse glandular field (see Fig. 14).

2. Информация о распространении, биологии и вредности азиатского цветочного трипса и мерах контроля

В настоящее время *T. parvispinus* зарегистрирован в следующих странах (<https://gd.eppo.int/taxon/THRIPV>; <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.53744>) (данные за февраль 2025 г.):

– Африка: Гана, Реюньон, Танзания, Уганда, Маврикий, Бурунди;

– Америка: Канада, США, Мексика, Барбадос;

– Азия: Бангладеш, Китай, Индия, Индонезия, Малайзия, Мьянма, Филиппины, Сингапур, Таиланд;

– Европа: Бельгия, Франция, Греция, Нидерланды, Испания, Германия (временные очаги);

– Океания: Австралия, Соломоновы Острова.

Азиатский табачный трипс вредит многим сельскохозяйственным культурам (Sartiami, Mound, 2013): луку репчатому (*Allium cepa* L.), репе (*Brassica rapa* L.), овощному перцу (*Capsicum annuum* L.), кайенскому перцу (*Capsicum frutescens* L.), огурцу посевному (*Cucumis sativus* L.), моркови (*Daucus carota* L.), фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.), томату (*Solanum lycopersicum* L.), баклажану (*Solanum melongena* L.), картофелю (*Solanum tuberosum* L.), кукурузе (*Zea mays* L.), табаку (*Nicotiana tabacum* L.), хлопку (*Gossypium* spp.), хризантеме (*Chrysanthemum* spp.), георгину (*Dahlia pinnata* Cavanilles), розе (*Rosa* spp.), бархатцам (*Tagetes* spp.) и другим культурам. *T. parvispinus* повреждает практически все основные овощные и декоративные культуры, выращиваемые в Российской Федерации в открытом и защищенном грунте, и, следовательно, в защищенном грунте способен стать одним из значимых вредителей этих культур.

Как и другие яйцекладные трипсы, *T. parvispinus* проходит в своем развитии шесть стадий: яйцо, два личиночных возраста, нимфа, нимфа и взрослое насекомое (имаго). Продолжительность преимагинальных стадий в Индонезии при развитии на перце составляла 4,79, 1,36, 3,54, 1,08 и 1,96 дня соответственно. Яйца самка начинала откладывать в среднем через сутки, жизненный цикл продолжался 13,68 дня (Hutasoit et al., 2017). Яйца самка откладывает в листья, лепестки цветов и мягкие части стеблей при помощи пилящего яйцеклада. Средняя плодовитость самок составляет 50–70 яиц. В Индии срок развития всех стадий также составляет 13–15 дней (Singh et al., 2025). Нимфальные стадии обычно проходят на почве, но также могут проходить в цветках или других защищенных местах на растении.

На Яве *T. parvispinus* был зарегистрирован как основной вредитель перца *Capsicum annuum*, а в Таиланде – как вредитель ряда других овощных культур. В Малайзии вид был отмечен как переносчик гриба *Cladosporium oxysporum* Berkeley & Curtis на плоды папайи. Он также был зарегистрирован как переносчик вируса tobacco streak ilarvirus, передающий вирус от инфицированной пыльцы томатов к рассаде овощного растения мари гигантской *Chenopodium giganteum* D. Don, (Mound, Collins, 2000).

2. Information on the distribution, biology, and harmfulness of the Asian tobacco thrips and control measures

Today, *T. parvispinus* is reported in the following countries (<https://gd.eppo.int/taxon/THRIPV>; <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.53744>) (данные за февраль 2025 г.):

Africa: Ghana, Reunion, Tanzania, Uganda, Mauritius, Burundi;

America: Canada, USA, Mexico, Barbados;

Asia: Bangladesh, China, India, Indonesia, Malaysia, Myanmar, Philippines, Singapore, Thailand;

Europe: Belgium, France, Greece, Netherlands, Spain, Germany (temporary outbreaks);

Oceania: Australia, Solomon Islands.

T. parvispinus harms many agricultural crops (Sartiami, Mound, 2013): *Allium cepa* L., *Brassica rapa* L., *Capsicum annuum* L., *Capsicum frutescens* L., *Cucumis sativus* L., *Daucus carota* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Solanum lycopersicum* L., *Solanum melongena* L., *Solanum tuberosum* L., *Zea mays* L., *Nicotiana tabacum* L., *Gossypium* spp., *Chrysanthemum* spp., *Dahlia pinnata* Cavanilles, *Rosa* spp., *Tagetes* spp., etc. *T. parvispinus* damages almost all major vegetable and ornamental crops grown in the Russian Federation in open and protected ground and, therefore, in protected ground it can become one of the significant pests of these crops.

Like other ovipositing thrips, *T. parvispinus* goes through six developmental stages: egg, two larval instars, prepupa, pupa, and adult (imago). In Indonesia, when developing on pepper, the durations of the preimaginal stages were approximately 4.79, 1.36, 3.54, 1.08, and 1.96 days, respectively. Females began laying eggs on average after one day, and the total life cycle lasted about 13.68 days (Hutasoit et al., 2017). Females deposit eggs in leaves, flower petals, and soft stem parts using a saw-like ovipositor. Average fecundity ranges from 50 to 70 eggs. In India, the total development time for all stages is also about 13–15 days (Singh et al., 2025). Nymphal stages usually develop in the soil but can also occur in flowers or other protected plant parts.

In Java, *T. parvispinus* has been reported as a major pest of *Capsicum annuum*, and in Thailand as a pest of other vegetable crops. In Malaysia, the species has been noted as a vector of the fungus *Cladosporium oxysporum* Berkeley & Curtis on papaya fruit. It has also been reported as a vector of tobacco streak ilarvirus, transmitting the virus from infected tomato pollen to seedlings of the vegetable plant *Chenopodium giganteum* D. Don (Mound and Collins, 2000).



Рис. 15. Перец, поврежденный *Thrips parvispinus* (фото: <https://gd.eppo.int/taxon/THRIPV>)

Fig. 15. Pepper damaged by *Thrips parvispinus* (photo: <https://gd.eppo.int/taxon/THRIPV>)

Одним из признаков заражения азиатским табачным трипсом является деформация молодых побегов и листьев (см. рис. 15). Питаясь тканями растений, трипсы выделяют токсины, которые вызывают скручивание и деформацию листьев. Это повреждение может серьезно повлиять на рост растения и его общее состояние, снижая способность к эффективному фотосинтезу и замедляя развитие. При более высоких уровнях заражения листья могут иметь обожженный вид из-за повреждения листовой ткани. Это приводит к выбраковке декоративных растений и снижает урожайность всех сельскохозяйственных культур. Также азиатский табачный трипс может наносить значительный ущерб плодам. В результате питания трипсов на поверхности плодов остаются шрамы и пятна, что снижает их качество и товарный вид. Кроме того, участки, поврежденные трипсами, могут служить местом проникновения патогенных микроорганизмов. *T. parvispinus* является видом с более высоким уровнем летной активности в теплицах, чем *E. americanus*.

Для борьбы с азиатским табачным трипсом предлагают различные меры. В Индии применяют бактериальные препараты на основе *Pseudomonas fluorescens* Migula (препарат BAIRPFDWD @, 20 г/л) и *Bacillus albus* Liu et al. (препарат NBAIR-BATP @, 20 г/л) в виде спреев, также используют препараты на основе масла нима *Azadirachta indica* A.Juss. (Singh et al., 2025). Также могут быть использованы хищные клещи, такие как *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans, 1930), *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot, 1962), *Iphiseius degenerans* (Berlese, 1889), *Transeius montdorensis* (Schicha), *Anystis baccharum* и *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor, 1956), хищные клопы рода *Orius* и другие энтомофаги (<https://cabi-stag.literatumonline.com/doi/10.1079/cabicompndium.53744>). Энтомофагов расселяют в профилактических целях как с дополнительными источниками питания, такими как пыльца или искусственные корма (кормовые клещи, цисты артемии, яйца *Ephestia kuehniella* ZELLER, 1879),

One of the infestation signs by the Asian tobacco thrips is the deformation of young shoots and leaves (see Fig. 15). By feeding on plant tissue, thrips secrete toxins that cause leaf curling and deformation. This damage can seriously affect plant growth and its overall health, reducing the ability to photosynthesize efficiently and slowing development. At higher infestation levels, leaves may have a scorched appearance due to damage to the leaf tissue. This leads to the culling of ornamental plants and reduces the yield of all agricultural crops. Asian tobacco thrips can also cause significant damage to fruit. Thrips feeding results in scars and spots on the fruit surface, reducing its quality and marketability. Furthermore, areas damaged by thrips can serve as introduction points for pathogenic microorganisms. *T. parvispinus* is a species with a higher level of flight activity in greenhouses than *E. americanus*.

To control the Asian tobacco thrips, various measures are recommended. In India, bacterial products based on *Pseudomonas fluorescens* Migula (product BAIRPFDWD @, 20 g/L) and *Bacillus albus* Liu et al. (product NBAIR-BATP @, 20 g/L) are used as sprays, along with neem oil-based products from *Azadirachta indica* A.Juss. (Singh et al., 2025). Predatory mites such as *Neoseiulus cucumeris*, *Amblyseius swirskii*, *Iphiseius degenerans*, *Transeius montdorensis*, *Anystis baccharum*, and *Amblydromalus limonicus*, as well as predatory bugs of the genus *Orius* and other entomophagous insects, are also employed. Entomophages are released prophylactically, sometimes supplemented with additional food sources such as pollen or artificial diets (feeding mites, *Artemia* cysts, *Ephestia kuehniella* eggs) to promote their reproduction and establishment in crops before pest appearance.

To eliminate pronymphs and nymphs of *T. parvispinus*, predatory soil mites like *Gaeolaelaps aculeifer*, *Macrocheles robustulus*, and *Stratiolaelaps scimitus*, as well as entomopathogenic nematodes such as *Steinernema carpocapsae* and *Heterorhabditis indica*, are used. Synthetic pesticides approved for thrips control in protected cultivation are also applied. For maximum efficacy, thorough coverage of leaves is required, achievable by applying 1000-2000 liters of aqueous solution (emulsion or suspension) per hectare.

так и без них, чтобы способствовать их размножению и укоренению в посевах до появления вредителя. Для уничтожения прониmf и нимф *T. parvispinus* используют хищных почвенных клещей, таких как *Gaeolaelaps aculeifer* (Canestrini, 1883), *Macrocheles robustulus* (Berlese, 1904) и *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley, 1956), а также энтомопатогенных нематод, таких как *Steinernema carpocapsae* (Weiser, 1955) или *Heterorhabditis indica* Poinar, Karunakar, & David, 1992. Применяют и синтетические пестициды, разрешенные для контроля трипсов в защищенном грунте. Для достижения максимальной эффективности требуется полное покрытие листьев, что может быть достигнуто путем внесения 1000–2000 л водного раствора (эмульсии, суспензии) на гектар.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Инвазионные виды животных и растений постоянно проникают на новые территории, где они нередко могут создавать экономические проблемы и оказывать влияние на сложившееся биоразнообразие аборигенных организмов. Трипсы, вследствие очень мелких размеров и способности переноситься как разнообразной продукцией, так и с транспортом и потоками воздуха, быстро расселяются во все доступные биотопы, тропические и субтропические виды мигрируют далеко за пределы естественного ареала, используя условия защищенного грунта. При обнаружении инвазионного вида специалисты фитосанитарной службы нередко не имеют возможности правильно идентифицировать объект из-за отсутствия соответствующих пособий и справочных материалов. Таким образом упускается время, необходимое для принятия мер реагирования.

Азиатский табачный трипс *T. parvispinus* начал активно расселяться в странах Европы в 2010–2020-е годы. Этот трипс уже присутствует в качестве одного из основных видов-мишеней в проспектах европейских фирм, предлагающих средства защиты растений, особенно в защищенном грунте. Однако информация, позволяющая идентифицировать этот объект, содержится в основном в публикациях об азиатских, африканских или австралийских трипсах. В связи с этим автор подготовил подробное описание диагностических признаков *T. parvispinus*, проиллюстрировав их специально изготовленными микрофотографиями. Кроме того, добавлена краткая информация о биологии, вредоносности и мерах контроля азиатского табачного трипса, полученная из литературных источников.

В современном мире возрастает необходимость превентивно получать информацию о потенциальных угрозах, в том числе о распространяющихся инвазионных организмах – вредителях растений. Для специалистов в области защиты растений в Российской Федерации в настоящее время в связи с изменившейся геополитической обстановкой возросло значение направления инвазий из стран Юго-Восточной и Южной Азии и Африки. Особенно важно получать необходимую информацию о видах, которые уже достигли уровня статуса вредителя в районе своего происхождения и начинают проникать в другие регионы.

CONCLUSION

Invasive animal and plant species are constantly get introduced into new territories, where they can often create economic problems and impact the established biodiversity of native organisms. Thrips, due to their extremely small size and ability to be transmitted by various products, vehicles, and air currents, quickly spread to all available biotopes, while tropical and subtropical species migrate far beyond their natural range, exploiting the conditions of protected soil. When an invasive species is discovered, phytosanitary specialists are often unable to correctly identify it due to a lack of relevant manuals and reference materials. This wastes valuable time to initiate response measures.

T. parvispinus began to actively spread across Europe in the 2010s and 2020s. This thrips is already listed as a key target species in the brochures of European companies offering crop protection products, particularly for protected cultivation. However, identification information is primarily contained in publications on Asian, African, or Australian thrips. Therefore, the author has prepared a detailed description of the diagnostic characters of *T. parvispinus*, illustrating them with specially prepared microphotographs. Additionally, brief information on the biology, harmfulness, and control measures of the Asian tobacco thrips, drawn from literature sources, has been added.

In today's world, there is a growing need to proactively obtain information about potential threats, including spreading invasive plant pests. For plant protection specialists in the Russian Federation, due to the changing geopolitical situation, the importance of invasions originating from Southeast and South Asia and Africa has increased. It is especially important to obtain the necessary information about species that have already reached pest status in their area of origin and are beginning to spread to other regions.

Acknowledgements

The author expresses his sincere gratitude to A.K. Akhatov, leading IPM specialist at Shetelig Rus, for the provided specimens of *T. parvispinus* collected in protected ground on ornamental crops.

REFERENCES

1. Volkov O.G. Some features of detection and identification of quarantine species of thrips // Plant Health. Research and Practice. 2014; 3 (9): 34-46.
2. Mescheriakov A.A. Order Thysanoptera – Thrips, Fringe-winged or Tube-tailed Insects // In the book: Identification Guide to Insects of the Far East of the USSR. Vol. I. Leningrad: Nauka, 1986. Pp. 380-431. (In Russ.)

Благодарность. Автор выражает искреннюю благодарность ведущему специалисту по IPM АО «ШТЕЛИГ РУС» А. К. Ахатову за переданные экземпляры *T. parvispinus*, собранные в защищенном грунте на декоративных культурах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков О.Г. Некоторые особенности выявления и идентификации карантинных видов трипсов // Карантин растений. Наука и практика. 2014. № 3(9). Стр. 34–46.
2. Мещеряков А.А. Отряд Thysanoptera – Бахромчатокрылые, Пузыреногие, или Трипсы // В кн. «Определитель насекомых Дальнего Востока СССР». Т. I. Л.: Наука, 1986. С. 380–431.
3. Национальный доклад о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации в 2024 г. // Фитосанитария. Карантин растений. 2025. № 2 (23). Стр. 2–16.
4. Яхонтов В.В. Отряд Thysanoptera (Physopoda) – Бахромчатокрылые, Пузыреногие, или Трипсы // В кн.: Определитель насекомых Европейской части СССР. Т. I. М.-Л.: Наука, 1964. С. 847–874.
5. Hutasoit R. T., Triwidodo H., Anwar R. Biologi dan statistik demografi *Thrips parvispinus* Karny (Thysanoptera: Thripidae) pada tanaman cabai (*Capsicum annuum* Linnaeus). Indonesian Journal of Entomology. 2017. Vol. 14(3). P. 107–116. English Abstract.
6. Lewis T. (ed.) Thrips as crop pests. CAB International. 1997. Wellingford, Oxon, UK, New York, USA. 740 pp.
7. Moritz G. Pictorial key to the economically important species of Thysanoptera in central Europe. // Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 1994. Vol. 24. P. 181–208.
8. Mound L. A. Species of the Genus *Thrips* (Thysanoptera, Thripidae) from the Afro-tropical Region. // Zootaxa. 2010. Volume 2423, P. 1–24.
9. Mound L. A., Collins D.W. A south east Asian pest species newly recorded from Europe: *Thrips parvispinus* (Thysanoptera: Thripidae), its confused identity and potential quarantine significance. // European Journal of Entomology. 2000. Vol. 97, P. 197–200.
10. Mound L. A., Kibby G. Thysanoptera: An identification guide, (2nd edition). 1998. CAB International, Wallingford and New York, 70 pp.
11. Mound L. A., Masumoto M. The genus *Thrips* (Thysanoptera, Thripidae) in Australia, New Caledonia and New Zealand // Zootaxa. 2005. Vol. 1020, P. 1–64.
12. Mound L. A., Morris D. C. 2007. The insect Order Thysanoptera: Classification versus Systematics. // Zootaxa, Volume 1668, P. 395–411.
13. Mound L.A., Azidah A.A. Species of the genus *Thrips* (Thysanoptera) from Peninsular Malaysia, with a checklist of recorded Thripidae. // Zootaxa. 2009. Volume 2023, P. 55–68.
14. Reynaud Ph. Thrips (Thysanoptera). Chapter 13.1. // BioRisk Special Issue 4 (2). Alien terrestrial arthropods of Europe. 2010. P. 767–791.
15. Sartiami D., Mound L. A. Identification of the terebrantian thrips (Insecta, Thysanoptera) associated with cultivated plants in Java, Indonesia. ZooKeys, 2013. Vol. 306. P. 1–21.
16. Singh A.N., Pandey K.K., Srivastava K., Halder J., Manjunatha T. G., Majumder S., Divekar P.A. Innovative Approaches for the Biotic Stress Management in
3. National report on the quarantine phytosanitary state of the territory of the Russian Federation in 2024 // Plant Health and Quarantine. 2025; 2 (23): 2-16.
4. Yakhontov V.V. Order Thysanoptera (Physopoda) – Thrips, Fringe-winged, Tube-tailed Insects // In the book: Identification Guide to Insects of the European Part of the USSR. Vol. I. Moscow-Leningrad: Nauka, 1964. Pp. 847–874. (In Russ.)
5. Hutasoit R. T., Triwidodo H., Anwar R. Biologi dan statistik demografi *Thrips parvispinus* Karny (Thysanoptera: Thripidae) pada tanaman cabai (*Capsicum annuum* Linnaeus). Indonesian Journal of Entomology. 2017. Vol. 14(3). P. 107–116. English Abstract.
6. Lewis T. (ed.) Thrips as crop pests. CAB International. 1997. Wellingford, Oxon, UK, New York, USA. 740 pp.
7. Moritz G. Pictorial key to the economically important species of Thysanoptera in central Europe. // Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 1994. Vol. 24. P. 181–208.
8. Mound L. A. Species of the Genus *Thrips* (Thysanoptera, Thripidae) from the Afro-tropical Region. // Zootaxa. 2010. Volume 2423, P. 1–24.
9. Mound L. A., Collins D.W. A south east Asian pest species newly recorded from Europe: *Thrips parvispinus* (Thysanoptera: Thripidae), its confused identity and potential quarantine significance. // European Journal of Entomology. 2000. Vol. 97, P. 197–200.
10. Mound L. A., Kibby G. Thysanoptera: An identification guide, (2nd edition). 1998. CAB International, Wallingford and New York, 70 pp.
11. Mound L. A., Masumoto M. The genus *Thrips* (Thysanoptera, Thripidae) in Australia, New Caledonia and New Zealand // Zootaxa. 2005. Vol. 1020, P. 1–64.
12. Mound L. A., Morris D. C. 2007. The insect Order Thysanoptera: Classification versus Systematics. // Zootaxa, Volume 1668, P. 395–411.
13. Mound L.A., Azidah A.A. Species of the genus *Thrips* (Thysanoptera) from Peninsular Malaysia, with a checklist of recorded Thripidae. // Zootaxa. 2009. Volume 2023, P. 55–68.
14. Reynaud Ph. Thrips (Thysanoptera). Chapter 13.1. // BioRisk Special Issue 4 (2). Alien terrestrial arthropods of Europe. 2010. P. 767–791.
15. Sartiami D., Mound L. A. Identification of the terebrantian thrips (Insecta, Thysanoptera) associated with cultivated plants in Java, Indonesia. ZooKeys, 2013. Vol. 306. P. 1–21.

Vegetable Crops. ICAR-IIVR, Training Manual No. 117. ICAR- Indian Institute of Vegetable Research, Varanasi, Uttar Pradesh, India. 2025. 21 pp.

17. zur Strassen R. Die terebranten Thysanopteren Europas und des Mittelmeer-Gebietes. In: Die Tierwelt Deutschlands. Begründet 1925 von Friedrich Dahl, 74. Keltern, Goecke & Evers. 2003. P. 277.

18. *Thrips parvispinus* (tobacco thrips) [Электронный ресурс]. URL: <https://cabi-stag.literatumonline.com/doi/10.1079/cabicompndium.53744> (дата обращения: 27.08.2025)

19. *Thrips parvispinus* [Электронный ресурс]. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/THRIPV> (дата обращения: 21.08.2025)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Волков Олег Геннадьевич, агроном научно-методического отдела энтомологии
ФГБУ «ВНИИКР», пгт Быково, м. о. Раменский,
Московская обл., Россия;
ORCID ID: 0000000215390342;
email: volkovog@mail.ru

16. Singh A.N., Pandey K.K., Srivastava K., Halder J., Manjunatha T. G., Majumder S., Divekar P.A. Innovative Approaches for the Biotic Stress Management in Vegetable Crops. ICAR-IIVR, Training Manual No. 117. ICAR- Indian Institute of Vegetable Research, Varanasi, Uttar Pradesh, India. 2025. 21 pp.

17. zur Strassen R. Die terebranten Thysanopteren Europas und des Mittelmeer-Gebietes. In: Die Tierwelt Deutschlands. Begründet 1925 von Friedrich Dahl, 74. Keltern, Goecke & Evers. 2003. P. 277.

18. *Thrips parvispinus* (tobacco thrips) [Electronic resource]. URL: <https://cabi-stag.literatumonline.com/doi/10.1079/cabicompndium.53744> (last accessed: 27.08.2025)

19. *Thrips parvispinus* [Electronic resource]. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/THRIPV> (last accessed: 21.08.2025)

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Oleg Volkov, Agronomist, Research and Methodology Department of Entomology,
FGBU "VNIIKR", Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia;
ORCID ID: 0000000215390342;
email: volkovog@mail.ru

Карантинные фитофторозы древесных и кустарниковых растений

* СУРИНА Т. А.¹

¹ ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»), пгт Быково, м. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150

¹ORCID 10000-0002-0463-5762,
e-mail t.a.surina@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Phytophthora – это грибоподобные организмы, относящиеся к оомицетам. Виды данного рода вызывают заболевания, приводящие к экономическим потерям и оказывающие экологическое воздействие в питомниках, лесах и природных экосистемах. Род включает много видов, которые вызывают корневые и прикорневые гнили, увядание, ожоги листьев и стеблей, язвы, и отмирание стеблей, что приводит к экономическим последствиям по всему миру. Некоторые виды являются особенно разрушительными фитопатогенами и поэтому включены в карантинные перечни различных стран. В статье представлен краткий обзор информации о карантинных видах рода *Phytophthora*, ассоциированных с древесными, кустарниковыми и декоративными растениями. Приведены виды данного рода, регулируемые в различных странах мира. Дано описание растений-хозяев и морфологических признаков для возбудителей фитофтороза декоративных и кустарниковых растений *Phytophthora kernoviae* Brasier, Beales & S.A. Kirk, *Phytophthora ramorum* Werres, De Cock & Man in't Veld и возбудителя фитофтороза ольхи *Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk. Описано распространение данных патогенов в мире, а также их фитосанитарный статус и вредоносность. Приведены иллюстрации симптомов и основных морфологических диагностических признаков.

Ключевые слова. Фитофтороз, древесные растения, декоративные растения, диагностика, карантинный вид, *Phytophthora*.

Quarantine species of *Phytophthora* genus causing diseases on tree and shrubs

* TATIANA A. SURINA¹

¹ All-Russian Plant Quarantine Center (FGBU “VNIIKR”), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150

¹ORCID 10000-0002-0463-5762,
e-mail t.a.surina@yandex.ru

ABSTRACT

Phytophthora are fungi-like organisms belonging to the oomycetes. Species of this genus cause diseases that lead to economic losses and have ecological impacts in nurseries, forests, and natural ecosystems. The genus includes a lot of species that cause root and basal rots, wilting, leaf and stem blight, cankers, and stem dieback, leading to economic consequences worldwide. Some species are particularly harmful plant pathogens and are therefore included in quarantine lists of various countries. This article provides a brief overview of quarantine species of the genus *Phytophthora* associated with trees, shrubs, and ornamental plants. Species of this genus regulated in various countries are listed. It gives a description of the host plants and morphological characters of the pathogens that cause late blight of ornamental plants and shrubs – *Phytophthora kernoviae* Brasier, Beales & S.A. Kirk, *Phytophthora ramorum* Werres, De Cock & Man in't Veld, as well as *Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk. The global distribution of these pathogens, as well as their phytosanitary status and harmfulness, is described. Illustrations of symptoms and key morphological diagnostic characters are provided.

Key words. Late blight, trees, ornamental plants, diagnostics, quarantine species, *Phytophthora*.

ВВЕДЕНИЕ



Phytophthora – это род, относящийся к оомицетам, филогенетической группе эукариот, похожих на грибы. Род *Phytophthora* более тесно связан с бурями и диатомовыми водорослями, чем с настоящими грибами, и поэтому был помещен в подцарство Heterokonta, или Stramenopiles.

Многие гетероконты являются одноклеточными жгутиконосцами, а некоторые, включая *Phytophthora*, являются многоклеточными со жгутиконосной одноклеточной стадией в жизненном цикле, называемой зооспорой. Название гетероконт относится к характерной форме зооспор с дифференцированными жгутиками, одним гладким и одним покрытым трехраздельными щетинками.

Подобно грибам, оомицеты – это нитевидные микроскопические организмы, которые размножаются как половым, так и бесполом путем и поглощают питательные вещества из своего субстрата как сапрофиты либо паразиты. Оомицеты отличаются от грибов тем, что их клеточные стенки состоят из целлюлозы и бета-глюканов, а не из хитина, гифы не имеют поперечных перегородок (септ), а их жизненный цикл в основном диплоидный, а не гаплоидный.

Многие представители рода *Phytophthora* вызывают заболевания, оказывающие экономическое и экологическое воздействие в питомниках, садоводстве, лесах и природных экосистемах, и многие из них вызывают обеспокоенность по всему миру. *Phytophthora* стала одним из наиболее изученных родов фитопатогенов. Род включает много видов, которые вызывают корневые, коронковые и воротниковые гнили, увядание, ожоги листьев и стеблей, гнили плодов и клубней, язвы, кровоточащие язвы и отмирание стеблей, что приводит к экономическим последствиям для сельскохозяйственных культур, декоративных растений и лесных экосистем по всему миру. Некоторые виды являются особенно разрушительными фитопатогенами, которые оказывают значительное влияние на сельское хозяйство или природные экосистемы и поэтому включены в карантинные перечни различных стран (см. табл. 1).

Идентификация возбудителей фитопторозов классическими методами проводится по комплексу признаков, включающих симптомы заболевания, характер колоний на питательных средах и морфологические признаки (Сурина, 2024).

В Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза в список I «Карантинные вредные организмы, отсутствующие на территории Евразийского экономического союза» входят три вида, ассоциированные с древесными и кустарниковыми растениями *Phytophthora kernoviae* Brasier, Beales & S.A. Kirk, *Phytophthora ramorum* Werres, De Cock & Man in't Veld и *Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Статья основана на анализе литературных источников, указанных в основном разделе.

INTRODUCTION



Phytophthora is a genus belonging to the Oomycetes, a phylogenetic group of fungus-like eukaryotes. The genus *Phytophthora* is more closely related to brown algae and diatoms than to true fungi and has therefore

been placed in the subkingdom Heterokonta or Stramenopiles. Many heterokonts are unicellular flagellates, and some, including *Phytophthora*, are multicellular with a flagellated, unicellular stage in the life cycle called a zoospore. The name heterokont refers to the characteristic shape of the zoospore, with differentiated flagella, one smooth and one covered with tripartite setae.

Like fungi, oomycetes are filamentous microscopic organisms that reproduce both sexually and asexually and absorb nutrients from their substrate as saprophytes or parasites. Oomycetes differ from fungi in that their cell walls are composed of cellulose and beta-glucans rather than chitin, their hyphae lack transverse septa, and their life cycle is primarily diploid rather than haploid.

Many members of the genus *Phytophthora* cause diseases with economic and ecological impacts in nurseries, horticulture, forests, and natural ecosystems, and many are of concern worldwide. *Phytophthora* has become one of the most studied genera of plant pathogens. The genus includes many species that cause root, crown, and collar rots, wilt, leaf and stem blight, fruit and tuber rots, cankers, bleeding cankers, and stem dieback, resulting in economic consequences for agricultural crops, ornamentals, and forest ecosystems worldwide. Some species are particularly harmful plant pathogens that have a significant impact on agriculture or natural ecosystems and are therefore included in quarantine lists of different countries (Table 1).

Identification of late blight pathogens using classical methods is carried out based on a set of characters including: disease symptoms, the nature of colonies on nutrient media, and morphological characters (Surina, 2024).

The Common List of Quarantine Pests of the Eurasian Economic Union, List I “Quarantine Pests Absent on the Territory of the Eurasian Economic Union,” includes three species associated with trees and shrubs *Phytophthora kernoviae* Brasier, Beales & S.A. Kirk, *Phytophthora ramorum* Werres, De Cock & Man in't Veld и *Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk.

MATERIALS AND METHODS

This article is based on the analysis of the literature cited in the main section.

For each species described, the following are provided: primary host plants, distribution, phytosanitary status, harmfulness, pathways, symptoms, and morphological characters.

Табл. 1. Виды рода *Phytophthora*, регулируемые различными странами
Table 1. Species of the genus *Phytophthora* regulated as quarantine organisms in different countries

Вид Species	Растение-хозяин Host Plant	Статус Status
<i>Phytophthora austrocedri</i> Gresl. & E.M. Hansen (2007)	<i>Austrocedrus chilensis</i> , <i>Callitropsis nootkatensis</i> , <i>Chamaecyparis lawsoniana</i> , <i>Juniperus communis</i> , <i>Juniperus horizontalis</i> , <i>Cupressus sempervirens</i> , <i>Fitzroya cupressoides</i> , <i>Pilgerodendron uviferum</i>	Великобритания РНКО 2020 UK, regulated non-quarantine pest (RNQP) 2020
<i>Phytophthora xalni</i> Brasier & S.A. Kirk (2004)	<i>Alnus glutinosa</i> и другие виды <i>Alnus</i> , включая <i>A. incana</i> и <i>A. cordata</i> , <i>A. viridis</i> <i>Alnus glutinosa</i> and other <i>Alnus</i> species, including <i>A. incana</i> , <i>A. cordata</i> , <i>A. viridis</i>	ЕАЭС А1 2016 EAEU A1 2016
<i>Phytophthora boehmeriae</i> Sawada (1927)	<i>Citrus</i> spp. (Rutaceae) и другие семейства <i>Citrus</i> spp. (Rutaceae) and other families	Марокко КО 2018, Аргентина А1 2019, Уругвай А1 1995, COSAVE А2 2021 Morocco QP 2018, Argentina A1 2019, Uruguay A1 1995, COSAVE A2 2021
<i>Phytophthora cactorum</i> (Lebert & Cohn) J. Schröt. (1886) <i>Phytophthora cactorum</i> (Lebert & Cohn) J. Schröt. (1886)	154 рода в 54 семействах 154 genera in 54 families	Египет РНКО 2018, Швейцария РНКО 2019, Великобритания РНКО 2020, ЕС РНКО 2019 Egypt RNQP 2018, Switzerland RNQP 2019, UK RNQP 2020, EU RNQP 2019
<i>Phytophthora capsici</i> Leonian (1922) <i>Phytophthora capsici</i> Leonian (1922)	51 род в 28 семействах 51 genera in 28 families	Мексика КО 2018, Бахрейн А2 2003, IAPSC А1 1989 Mexico QP 2018, Bahrain A2 2003, IAPSC A1 1989
<i>Phytophthora cinnamomi</i> Rands (1922)	266 родов в 90 семействах, в основном лиственные деревья 266 genera in 90 families, mostly deciduous trees	Марокко КО 2018, Тунис КО 2012, Мексика КО 2018, Бахрейн А1 2003, Иран А1 2018, Израиль КО 2009, Швейцария РНКО 2019, Великобритания РНКО 2020, ЕС РНКО 2019 Morocco QP 2018, Tunisia QP 2012, Mexico QP 2018, Bahrain A1 2003, Iran A1 2018, Israel QP 2009, Switzerland RNQP 2019, UK RNQP 2020, EU RNQP 2019
<i>Phytophthora citricola</i> Sawada (1927)	75 родов в 38 семействах 75 genera in 38 families	Египет РНКО 2018 Egypt RNQP 2018
<i>Phytophthora citrophthora</i> (R.E. Sm. & E.H. Sm.) Leonian (1925)	88 родов в 51 семействе 88 genera in 51 families	Египет РНКО 2018, Швейцария РНКО 2019, Великобритания РНКО 2020, ЕС РНКО 2019 Egypt RNQP 2018, Switzerland RNQP 2019, UK RNQP 2020, EU RNQP 2019
<i>Phytophthora cryptogea</i> Pethybr. & Laff. (1919)	141 род в 49 семействах 141 genera in 49 families	Мексика КО 2018, Швейцария НКО 2019, Великобритания НКО 2020, ЕС РНКО 2019 Mexico QO 2018, Switzerland NQP 2019, UK NQP 2020, EU RNQO 2019
<i>Phytophthora xambivora</i> (Petri) Buisman (1927)	30 родов в 19 семействах, включая <i>Castanea</i> (каштановые, Fagaceae) 30 genera in 19 families, including <i>Castanea</i> (Fagaceae)	Чили А1 2019, Китай КО 2021, Швейцария РНКО 2019, Великобритания РНКО 2020, ЕС РНКО 2019" Chile A1 2019, China QP 2021, Switzerland RNQP 2019, UK RNQP 2020, EU RNQP 2019
<i>Phytophthora gonapodyides</i> (H. E. Petersen) Buisman (1927)	13 родов в 11 семействах 13 genera in 11 families	Аргентина А1 2019 Argentina A1 2019

Вид Species	Растение-хозяин Host Plant	Статус Status
<i>Phytophthora hibernalis</i> Carne (1926)	11 родов в 9 семействах 11 genera in 9 families	Китай КО 2021 China QP 2021
<i>Phytophthora kernoviae</i> Brasier, Beales & S.A. Kirk (2005)	Поражает растения из 23 родов Affects plants of 23 genera	Египет А1 2018, Марокко КО 2018, Чили А1 2019, Сербия А1 2015, Великобритания А2 2020, ЕАЭС А1 2016, ЕОКЗР А2 2013 Egypt A1 2018, Morocco QP 2018, Chile A1 2019, Serbia A1 2015, UK A2 2020, EAEU A1 2016, EPPO A2 2013
<i>Phytophthora lateralis</i> Tucker & Milbrath	<i>Callitropsis nootkatensis Chamaecyparis lawsoniana Chamaecyparis obtusa Chamaecyparis pisifera Juniperus communis Microbiota decussata Petunia sp. Pseudotsuga menziesii Rhododendron sp. Taxus brevifolia Thuja occidentalis Vinca sp.</i>	Египет А1 2018, Марокко КО 2018, Китай КО 2021 Иордания А2 2013, Великобритания РНКО 2020 ЕОКЗР А2 2011 Egypt A1 2018, Morocco QP 2018, China QP 2021 Jordan A2 2013, United Kingdom RNQP 2020 EPPO A2 2011
<i>Phytophthora megasperma</i> Drechsler (1931)	Fabaceae	Бразилия А1 2018, Израильский КО 2009 Brazil A1 2018, Israel QP 2009
<i>Phytophthora nicotianae</i> Breda de Haan (1896)	255 родов в 90 семействах 255 genera in 90 families	Египет РНКО 2018, Гвинея РНКО 2022 Egypt RNQP 2018, Guinea RNQP 2022
<i>Phytophthora palmivora</i> (E.J. Butler) E.J. Butler (1919)	Различные семейства Different families	Египет РНКО 2018, Гвинея РНКО 2022, Марокко КО 2018, Чили А1 2019, Бахрейн А1 2003 Egypt RNQP 2018, Guinea RNQP 2022, Morocco KO 2018, Chile A1 2019, Bahrain A1 2003
<i>Phytophthora pluvialis</i> Reeser, W. Sutton & E.M. Hansen (2013)	<i>Larix decidua Larix kaempferi Larix x marschlinsii Notholithocarpus densiflorus Pinus patula Pinus pinea Pinus radiata Pinus strobus Pseudotsuga menziesii Tsuga heterophylla</i>	ЕОКЗР Сигнальный перечень 2022 EPPO Alert List 2022
<i>Phytophthora ramorum</i> Werres, de Cock & Man in 't Veld (2001)	Широкий круг хозяев; около 90 родов Wide host range; about 90 genera	Египет А1 2018, Марокко КО 2018, Бразилия А1 2018, Канада КО 2019, Чили А1 2019, Мексика КО 2018, Китай КО 2021, Израиль КО 2009, Корея КО 2018, Сербия А1 2015, Швейцария А1 2019, Турция А1 2016, Великобритания КО 2020, ЕАЭС А1 2016, ЕОКЗР А2 2013, ЕС РНКО 2021 Egypt A1 2018, Morocco QP 2018, Brazil A1 2018, Canada QP v2019, Chile A1 2019, Mexico QP 2018, China QP 2021, Israel QP 2009, Korea KO 2018, Serbia A1 2015, Switzerland A1 2019, Turkey A1 2016, UK QP 2020, EAEU A1 2016, EPPO A2 2013, EU RNQP 2021
<i>Phytophthora syringae</i> (Kleb.) Kleb. (1909)	29 родов из 14 семейств, включая Syringa vulgaris 29 genera in 14 families, including <i>Syringa vulgaris</i>	Бразилия А1 2018, Китай КО 2021 Brazil A1 2018, China QP 2021

Для каждого описанного вида приведены основные растения-хозяева, распространение, фитосанитарный статус, вредоносность, способы распространения, симптомы и характеристика морфологических признаков.

КАРАНТИННЫЕ ВИДЫ РОДА *PHYTOPHTHORA*, ПОРАЖАЮЩИЕ ДРЕВЕСНЫЕ И КУСТАРНИКОВЫЕ РАСТЕНИЯ

***Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk – возбудитель фитофтороза ольхи**

Синонимы: *Phytophthora alni* subsp. *alni* Brasier & S.A. Kirk, *Phytophthora x alni* (Brasier & S.A. Kirk) Husson, Ioos & Marçais.

Основные растения-хозяева: ольха (*Alnus*), ольха сердцевидная (*Alnus cordata*), ольха черная (*Alnus glutinosa*), ольха серая (*Alnus incana*), ольха зеленая (*Alnus viridis*).

Распространение: Австрия, Бельгия, Великобритания, Франция, Германия, Венгрия, Ирландия, Испания, Италия, Латвия, Литва, Нидерланды, Польша, Португалия, Словакия, Словения, США, Чешская Республика, Швейцария, Швеция.

Вредоносность: фитофтороз ольхи был обнаружен в 1993 году на юге Англии, вызывая летальную корневую и воротниковую гниль у ольхи. Впоследствии болезнь была зарегистрирована во многих европейских странах и со временем распространилась по всей Европе. В сообщениях J. Gibbs с соавторами (2003) указано, что на некоторых прибрежных участках гибель деревьев, пораженных фитофторозом, может достигать 70%. Согласно зарубежным исследованиям, в некоторых областях Франции и Германии отмечены значительные сокращения насаждений ольхи в результате поражения фитофторозом (Webber, 2004). В южной части Англии и Уэльса болезнь привела к гибели около 10% ольхи, и каждые 2% от оставшихся насаждений погибают ежегодно (Gibbs, 2003). В Венгрии средняя заболеваемость деревьев ольхи составляла 1–5%, но со временем достигла 30–60% в некоторых случаях (Koltay, 2007).

Способы распространения: распространение возбудителя фитофтороза ольхи в новые районы происходит в основном с зараженным посадочным материалом растений рода *Alnus*. В естественных ценозах заболевание возникает в основном по берегам рек, в садах, полезащитных и лесных насаждениях. Это объясняется возможностью патогена распространяться с потоками инфицированной воды, в том числе и подземными водами неглубокого залегания, в результате подтоплений.

Симптомы: пораженные растения ольхи привлекают внимание в период с середины июля по конец августа, они выглядят низкорослыми, с пожелтевшими листьями, разреженными. Листья становятся мелкими и преждевременно опадают, оставляя ветви голыми. У деревьев с сильным проявлением симптомов в кроне на нижней части ствола (2–3 метра от земли) образуются смолистые черные или ржавые пятна – «смоляная пятнистость деревьев» (см. рис. 1).

На поверхности некротизированной коры периодически отмечается выделение смолянистого экссудата. Видимые пятна указывают на то, что находящаяся под корой древесина некротизирована

QUARANTINE SPECIES OF THE GENUS *PHYTOPHTHORA* AFFECTING TREES AND SHRUBS

***Phytophthora alni* Brasier & S.A. Kirk – root disease of alder**

Synonyms: *Phytophthora alni* subsp. *alni* Brasier & S.A. Kirk, *Phytophthora x alni* (Brasier & S.A. Kirk) Husson, Ioos & Marçais.

Main host plants: *Alnus*, *Alnus cordata*, *Alnus glutinosa*, *Alnus incana*, *Alnus viridis*.

Distribution: Austria, Belgium, United Kingdom, France, Germany, Hungary, Ireland, Spain, Italy, Latvia, Lithuania, Netherlands, Poland, Portugal, Slovakia, Slovenia, United States, Czech Republic, Switzerland, Sweden.

Importance: root disease of alder was detected in 1993 in the south of England, causing lethal root and collar rot in alder. Subsequently, the disease was recorded in many European countries and eventually spread throughout Europe. Reports by J. Gibbs et al. (2003) indicate that in some coastal areas, the mortality of trees affected by this disease can reach 70%. According to foreign studies, significant reductions in alder stands due to root disease have been noted in some areas of France and Germany (Webber, 2004). In southern England and Wales, the disease has led to the death of about 10% of alder trees, and every 2% of the remaining stands die annually (Gibbs, 2003). In Hungary, the average incidence of alder trees was 1–5%, but over time it reached 30–60% in some cases (Koltay, 2007).

Pathways: The spread of the root disease of alder to new areas occurs primarily through infected plants for planting of *Alnus* species. In natural communities, the disease occurs primarily along riverbanks, in gardens, shelterbelts, and forest plantations. This is explained by the pathogen's ability to spread through contaminated water flows (including shallow groundwater) and through flooding.

Symptoms: Affected alder trees become noticeable between mid-July and late August. They appear stunted, with yellowed, sparse leaves. The leaves become small and fall prematurely, leaving bare branches. Trees with severe symptoms develop resinous black or rusty spots on the lower part of the trunk (2–3 meters above the ground) in the crown (Fig. 1).

The surface of necrotic bark periodically exhibits resinous exudate. Visible spots indicate that the underlying wood is necrotic as a result of late blight. When the bark is removed, elongated red-purple-brown spots are visible, contrasting sharply with healthy wood (Fig. 2).

Morphological characters: Colonies on V8 agar, potato dextrose agar, and malt extract agar show no distinctive pattern. Sporangia are not papillary; indehiscent; spherical, ovoid, or inversely pyriform (22–65 x 19–46 µm), with nested and extended internal



Рис. 1. Симптомы фитофтороза (фото автора) **Fig. 1.** *Phytophthora* symptoms (photo by the author)



Рис. 2. Некротизированная древесина (фото: <https://gd.eppo.int/taxon/PHY TAL/photos>) **Fig. 2.** Necrotic wood (photo: <https://gd.eppo.int/taxon/PHY TAL/photos>)

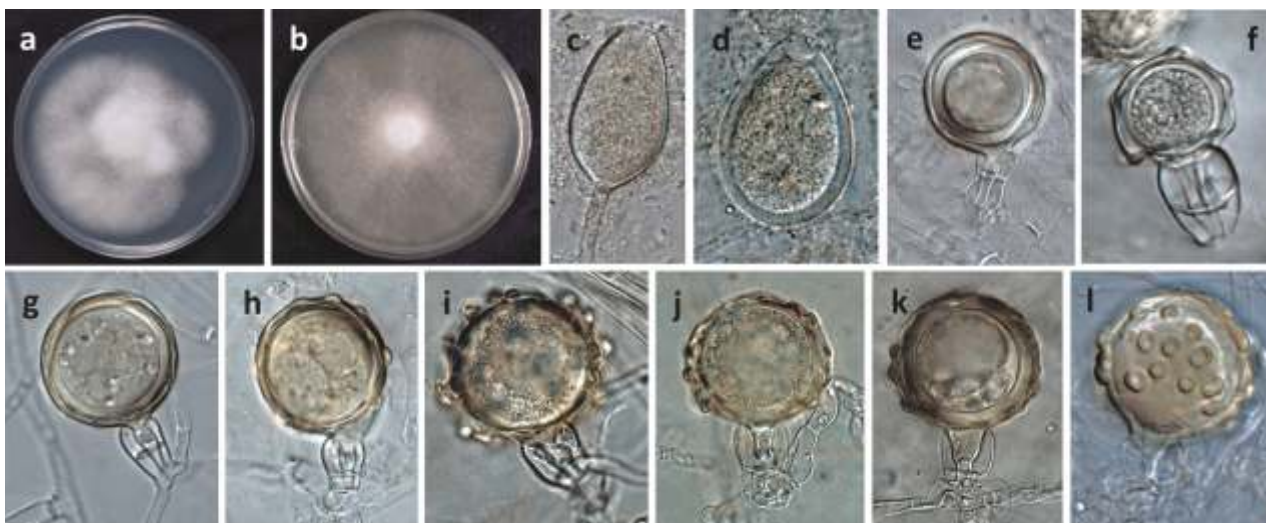


Рис. 3. Морфология колонии на КГА (a) и агаре V-8 (b); спорангии (c, d), половая фаза с гомоталлическими гаметангиями, показывающими амфигинные антеридии и типичные оогонии (e-l) (фото: Gloria Abad, USDA-APHIS-PPQ)

Fig. 3. Colony morphology on (a) CGA and (b) V-8 agar; (c, d) sporangia, (e-l) sexual phase with homothallic gametangia showing amphigynous antheridia and typical oogonia (photo by Gloria Abad, USDA-APHIS-PPQ)

в результате поражения фитофторозом. При снятии коры видны вытянутые красно-фиолетово-коричневые пятна, которые контрастно отличаются от здоровой древесины (см. рис. 2).

Морфологические признаки: колонии на агаре V8, картофельно-декстрозном агаре и агаре с солодовым экстрактом без отличительного рисунка. Спорангии не папиллярные; неоппадающие; шаровидные, яйцевидные, обратно грушевидные (22–65x19–46 мкм), с гнездовой и расширенной

proliferation. Internal proliferation occurs when the sporangiophores continue to grow through the empty sporangium. Sporangiohores are simple sympodial. Hyphal swellings are absent. Chlamydospores are absent (Fig. 3).

внутренней пролиферацией. Внутренняя пролиферация происходит, когда спорангиеносец продолжает расти через пустой спорангий. Спорангиеносцы простые симподиальные. Гифальные вздутия отсутствуют. Хламидоспоры отсутствуют (см. рис. 3).

***Phytophthora kernoviae* Brasier, Beales & S.A. Kirk – возбудитель фитофтороза декоративных и древесных культур**

Основные растения-хозяева: конский каштан обыкновенный (*Aesculus hippocastanum*), агатис южный (*Agathis australis*), черимойя (*Annona cherimola*), барбарис (*Berberis*), каштан посевной (*Castanea sativa*), дримис винтера (*Drimys winteri*), бук европейский (*Fagus sylvatica*), авелланский орех (*Gevuina avellana*), плющ обыкновенный (*Hedera helix*), падуб остролистный (*Ilex aquifolium*), леукотэо дефонтеа (*Leucothoe fontanesiana*), лириодендрон тюльпановый (*Liriodendron tulipifera*), ломатия (*Lomatia myricoides*), магнолия (*Magnolia*), пиерис (*Pieris*), подокарп ивовый (*Podocarpus salignus*), лавровишня лекарственная (*Prunus laurocerasus*), дуб (*Quercus*), рододендрон (*Rhododendron*), секвойя-дендрон гигантский (*Sequoiadendron giganteum*), умбеллюлярия (*Umbellularia californica*), черника (*Vaccinium myrtillus*).

Распространение: Аргентина, Великобритания, Ирландия, Новая Зеландия, Чили.

Вредоносность: вид был выделен из больных рододендронов и европейского бука в Корнуолле, Великобритания, в 2003 г. В период с 2002 по 2008 г. было 66 вспышек заболевания в лесных массивах и пять вспышек в питомниках в Англии и Уэльсе. В 2006 г. *P. kernoviae* был обнаружен в заброшенном саду в регионе Нортленд в Новой Зеландии на гниющих плодах черимойи (Braithwaite et al, 2007). Также он соответствует более ранним почвенным изолятам, полученным в Новой Зеландии с плантации лучистой сосны и местного леса каури. В мае и декабре 2012 г. на юге Чили проводились обследования на присутствие видов *Phytophthora* на лесных деревьях. Наличие *P. kernoviae* было подтверждено в опавших листьях *D. winteri*, собранных с поверхностной подстилки.

Способы распространения: распространение патогена в новые районы происходит в основном с зараженным посадочным материалом растений-хозяев. В естественных условиях источником распространения являются хламидоспоры в воде и почве, а также зооспорангии, содержащиеся в воде, почве и переносимые ветром и дождем.

Симптомы: симптомы, вызываемые *P. kernoviae*, можно в целом классифицировать как кровотокающие язвы, ожоги листьев и отмирание. При заражении листьев рододендрона часто наблюдается почернение средней жилки и черешка. Зараженные листья и стебли можно найти по всему кустарнику (см. рис. 4).

Инфекции на магнолии характеризуются каплевидными поражениями кончиков листьев, которые распространяются на края листьев. Некротическая ткань листьев обычно имеет темный черно-коричневый цвет. Листья зараженных *Pieris* spp. демонстрируют увядание светло-коричневого или ржаво-коричневого цвета и некротическую среднюю жилку. На плюще

***Phytophthora kernoviae* Brasier, Beales & S.A. Kirk, – late blight of ornamental plants and trees**

Main host plants: *Aesculus hippocastanum*, *Agathis australis*, *Annona cherimola*, *Berberis*, *Castanea sativa*, *Drimys winteri*, *Fagus sylvatica*, *Gevuina avellana*, *Hedera helix*, *Ilex aquifolium*, *Leucothoe fontanesiana*, *Liriodendron tulipifera*, *Lomatia myricoides*, *Magnolia*, *Pieris*, *Podocarpus salignus*, *Prunus laurocerasus*, *Quercus*, *Rhododendron*, *Sequoiadendron giganteum*, *Umbellularia californica*, *Vaccinium myrtillus*.

Distribution: Argentina, United Kingdom, Ireland, New Zealand, Chile.

Harmfulness: The species was isolated from diseased rhododendrons and European beech in Cornwall, UK, in 2003. Between 2002 and 2008, there were 66 outbreaks in woodlands and five outbreaks in nurseries in England and Wales. In 2006, *P. kernoviae* was detected in an abandoned orchard in the Northland region of New Zealand on rotting cherimoya fruit (Braithwaite et al, 2007). It also matched earlier soil isolates obtained in New Zealand from a radiata pine plantation and a native kauri forest. Surveys for the presence of *Phytophthora* species on forest trees were conducted in southern Chile in May and December 2012. *P. kernoviae* was confirmed in leaf litter of *D. winteri* collected from the surface litter.

Pathways: The pathogen spreads to new areas primarily through infected plants for planting from host plants. In natural conditions, the source of spread is chlamydo spores in water and soil, as well as zoosporangia contained in water and soil and carried by wind and rain.

Symptoms: Symptoms caused by *P. kernoviae* can generally be classified as oozing cankers, leaf blight, and dieback. When rhododendron leaves are infected, blackening of the midrib and petiole is often observed. Infected leaves and stems can be found throughout the shrub (Fig. 4).

Infections on magnolia are characterized by teardrop-shaped lesions on the leaf tips that extend to the leaf margins. Necrotic leaf tissue is typically dark black-brown. Leaves infected with *Pieris* spp. exhibit light brown or rusty-brown wilting and a necrotic midrib. On ivy, only stem infections are described. Infected blueberries exhibit symptoms of early leaf drop, multiple stem infections, and streaks of healthy green and black necrotic areas on the stems (Fig. 5).

Trees infected with *P. kernoviae* may develop oozing lesions with dark mucus on the trunk, from ground level to 9-12 m above ground. Oozing may occur from cracks between the bark ridges and from underlying infected tissue (Fig. 6).

Morphological characters: Colonies after 7 days on potato dextrose agar, malt extract agar, and V8 agar with a light rosette pattern. Sporangia papillary; deciduous with medium to long stalks (3–28 µm); ellipsoid, ovoid, inversely pyriform, lemon-shaped (19–62 x 12–31 µm), some irregularly shaped and



Рис. 4. Симптомы на листе рододендрона (фото: <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTKE/photos>)

Fig. 4. Symptoms on a rhododendron leaf (photo: <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTKE/photos>)



Рис. 5. Симптомы на листе магнолии (фото: <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTKE/photos>)

Fig. 5. Symptoms on a magnolia leaf (photo: <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTKE/photos>)

описывают только инфекции стеблей. Инфицированная черника имеет симптомы раннего опадения листьев, множественные инфекции стеблей и полосы на стеблях здоровых зеленых и черных некротических участков (см. рис. 5).

Деревья, зараженные *P. kernoviae*, могут образовывать кровоточащие поражения с темной слизью на стволе, от уровня земли до 9–12 м над землей. Кровотечение может происходить из трещин между гребнями коры из подлежащей инфицированной ткани (см. рис. 6).

Морфологические признаки: колонии через семь дней на картофельно-декстрозном агаре, агаре с солодовым экстрактом и агаре V8 со светлым розеточным рисунком. Спорангии папиллярные; опадающие со средними или длинными ножками (3–28 мкм); эллипсовидные, яйцевидные, обратно-грушевидные, лимоновидные (19–62 x 12–31 мкм), некоторые неправильной формы, а некоторые с коническими основаниями; большинство с заметной вакуолью; конидиеносцы простые симподиальные или неразветвленные. Иногда образуются коралловые/торулоподобные вздутия гиф. Хламидоспоры отсутствуют.

Гомоталлический вид. Оогонии гладкостенные, часто с коническим основанием (диаметром 22–30 мкм); антеридии амфигинные; ооспоры сферические (диаметром 18–28 мкм), плеротические или слегка аплеротические (см. рис. 7).

***Phytophthora ramorum* Werres, De Cock & Man in't Veld – возбудитель фитофтороза древесных и кустарниковых культур**

Основные растения-хозяева: полифаг, поражает растения из следующих родов – пихта (*Abies*), клен (*Acer*), адриантум (*Adiantum*), конский каштан (*Aesculus*), ольха (*Alnus*), земляничное дерево (*Arbutus*), толокнянка (*Arctostaphylos*), ардисия (*Ardisia*), барбарис (*Berberis*), береза (*Betula*), вереск (*Calluna*), каликант (*Calycanthus*), камелия (*Camellia*), каштан (*Castanea*), кастанопсис (*Castanopsis*), краснокоренник (*Ceanothus*), багрянник (*Cercis*), кипарисовик (*Chamaecyparis*), иван-чай (*Chamerion*),



Рис. 6. Кровоточащие поражения на буке (фото: <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTKE/photos>)

Fig. 6. Oozing lesions on beech (photo: <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTKE/photos>)

some with conical bases; most with a prominent vacuole; conidiophores simple sympodial or unbranched. Coral/torulose hyphal swellings occasionally form. Chlamydo spores absent.

Homothallic species. Oogonia smooth-walled, often with a conical base (22–30 μm in diameter); antheridia amphiginous; oospores spherical (18–28 μm in diameter), plerotic or slightly aplerotic (Fig. 7).

***Phytophthora ramorum* Werres, De Cock & Man in't Veld – late blight of trees and shrubs**

Main host plants: Polyphagous, affects plants from the genera: *Abies*, *Acer*, *Adiantum*, *Aesculus*, *Alnus*, *Arbutus*, *Arctostaphylos*, *Ardisia*, *Berberis*, *Betula*, *Calluna*, *Calycanthus*, *Camellia*, *Castanea*, *Castanopsis*, *Ceanothus*,

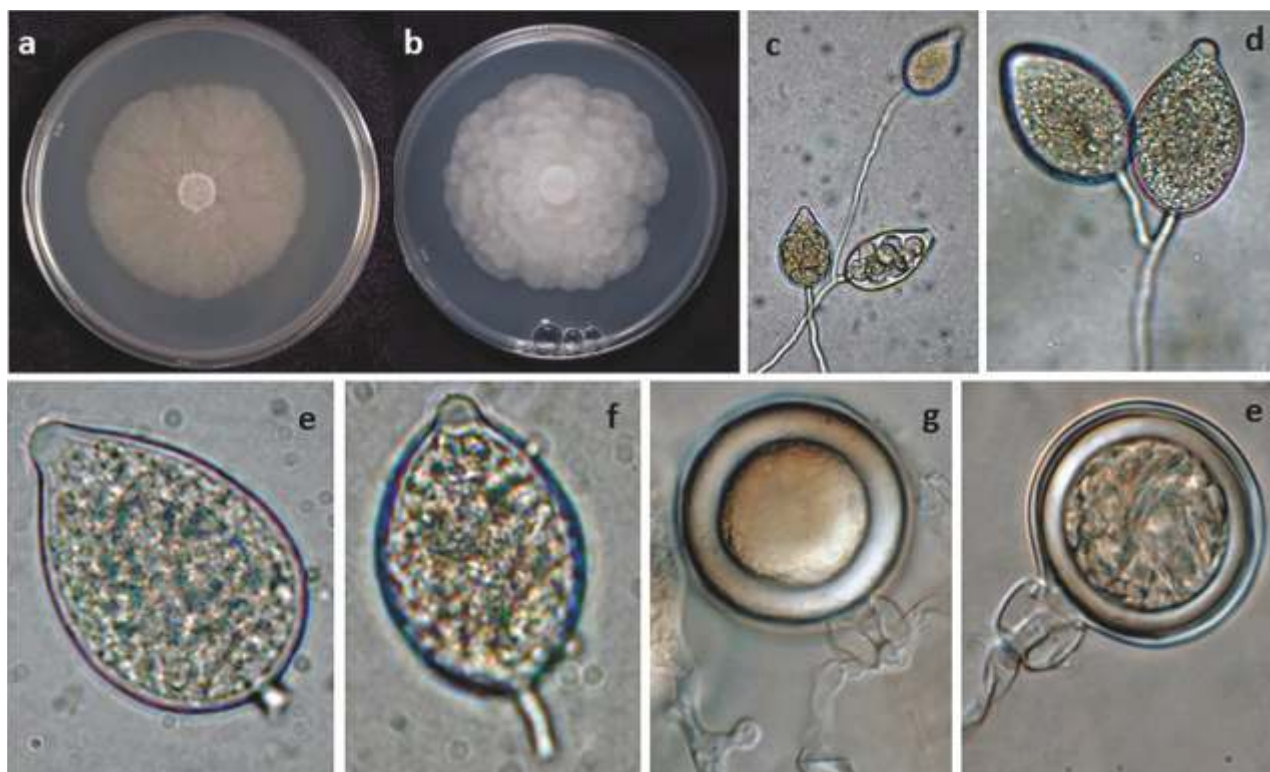


Рис. 7. Форма колонии на агаре V8 (а), картофельно-декстрозном агаре (b); спорангии на спорангиеносцах (с, d); (e–f) папиллярные спорангии с короткой ножкой (e), (f) средней длины; (g–e) гладкостенные оогонии с амфигинными антеридиями, (g) толстостенная плеротическая ооспора, (e) средне-толстостенная плеротическая ооспора (фото: Gloria Abad, USDA-APHIS-PPQ)

Fig. 7. Colony shape on (a) V8 agar, (b) potato dextrose agar; (c, d) sporangia on sporangiophores; (e–f) papillary sporangia with short stalk (e), (f) medium length; (g–e) smooth-walled oogonia with amphigynous antheridia, (g) thick-walled plerotic oospore, (e) medium-thick-walled plerotic oospore (photo: Gloria Abad, USDA-APHIS-PPQ)

шуазия (*Choisya*), хризолепис (*Chrysolepis*), коричник (*Cinnamomum*), клинтония (*Clintonia*), кизил (*Cornus*), корилопсис (*Corylopsis*), лещина (*Corylus*), кизильник (*Cotoneaster*), криптомерия (*Cryptomeria*), волчелистник (*Daphniphyllum*), дистилиум (*Distylium*), дримис (*Drimys*), щитовник (*Dryopteris*), кипрей (*Epilobium*), эвкалипт (*Eucalyptus*), бересклет (*Euonymus*), бук (*Fagus*), крушина (*Frangula*), ясень (*Fraxinus*), гаррия (*Garrya*), гаультерия (*Gaultheria*), гризелиния (*Griselinia*), гамамелис (*Hamamelis*), гетеромелес (*Heteromeles*), падуб (*Ilex*), кальмия (*Kalmia*), лиственница (*Larix*), лавр (*Laurus*), леукотоэ (*Leucothoe*), камнеплодник (*Lithocarpus*), жимолость (*Lonicera*), лофостемон (*Lophostemon*), лоропеталум (*Loropetalum*), магнолия (*Magnolia*), майник (*Maianthemum*), олеандр (*Nerium*), нотофагус (*Nothofagus*), камнеплодник (*Notholithocarpus*), османтус (*Osmanthus*), осмориза (*Osmorhiza*), парротия (*Parrotia*), форадендрон (*Phoradendron*), фотиния (*Photinia*), пузыреплодник (*Physocarpus*), ель (*Picea*), пикерингия (*Pickeringia*), пиерис (*Pieris*), смолоземьяник (*Pittosporum*), слива (*Prunus*), псевдотсуга (*Pseudotsuga*), птерис (*Pteris*), пираканта (*Pyracantha*), дуб (*Quercus*), рододендрон (*Rhododendron*), смородина (*Ribes*), роза (*Rosa*), малина (*Rubus*), ива (*Salix*), саркококка (*Sarcococca*), шима (*Schima*), секвойя (*Sequoia*), сирень (*Syringa*), тис (*Taxus*), торрея (*Torreya*), токсикодендрон (*Toxicodendron*), седмичник (*Trientalis*), тсуга (*Tsuga*), умбеллюлария (*Umbellularia*), вакциниум (*Vaccinium*), ванкуверия (*Vancouveria*), калина (*Viburnum*), барвинок (*Vinca*) [<https://gd.eppo.int/taxon/PHYTRA>].

Cercis, Chamaecyparis, Chamerion, Choisya, Chrysolepis, Cinnamomum, Clintonia, Cornus, Corylopsis, Corylus, Cotoneaster, Cryptomeria, Daphniphyllum, Distylium, Drimys, Dryopteris, Epilobium, Eucalyptus, Euonymus, Fagus, Frangula, Fraxinus, Garrya, Gaultheria, Griselinia, Hamamelis, Heteromeles, Ilex, Kalmia, Larix, Laurus, Leucothoe, Lithocarpus, Lonicera, Lophostemon, Loropetalum, Magnolia, Maianthemum, Nerium, Nothofagus, Notholithocarpus, Osmanthus, Osmorhiza, Parrotia, Phoradendron, Photinia, Physocarpus, Picea, Pickeringia, Pieris, Pittosporum, Prunus, Pseudotsuga, Pteris, Pyracantha, Quercus, Rhododendron, Ribes, Rosa, Rubus, Salix, Sarcococca, Schima, Sequoia, Syringa, Taxus, Torreya, Toxicodendron, Trientalis, Tsuga, Umbellularia, Vaccinium, Vancouveria, Viburnum, Vinca [<https://gd.eppo.int/taxon/PHYTRA>].

Distribution: Argentina, Belgium, Great Britain, Vietnam, Germany, Guernsey, Denmark, India, Ireland, Canada, Luxembourg, Netherlands, Norway, Poland, Slovenia, USA, Finland, France, Croatia, Japan [<https://gd.eppo.int/taxon/PHYTRA>].

Harmfulness: In the United States, tree mortality due to this disease has increased recently. Oak mortality has doubled, and that of *Saxony densiflora* has quadrupled (Swiecki and Bernhardt, 2002; McPherson et al., 2002). The costs of removing dead trees and disposing of infected waste have also increased. The need for sanitation measures is an



Рис. 8. Кровоточащие поражения на буке (фото: <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTRA/photos>)



Рис. 9. Ожог листьев рододендрона (фото: <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTRA/photos>)

Распространение: Аргентина, Бельгия, Великобритания, Вьетнам, Германия, Гернси, Дания, Индия, Ирландия, Канада, Люксембург, Нидерланды, Норвегия, Польша, Словения, США, Финляндия, Франция, Хорватия, Япония [<https://gd.eppo.int/taxon/PHYTRA>].

Вредоносность: в последнее время в США фиксируется увеличение гибели деревьев из-за этого заболевания. Гибель дубов удвоилась, а гибель камнеплодника густоцветкового увеличилась в четыре раза (Swiecki and Bernhardt, 2002; McPherson et al., 2002). Расходы на удаление погибших деревьев и утилизацию инфицированных отходов также увеличились. Необходимость санитарных мер является дополнительными косвенными расходами. В 2009 году было подтверждено, что *P. ramorum* является причиной обширного отмирания и гибели зрелой и молодой японской лиственницы (*Larix kaempferi*) на ряде участков на юго-западе Англии. В 2010 году *P. ramorum* был выделен из насаждений лиственницы в Южном Уэльсе. Всего было поражено 2400 га, или около 0,6 млн взрослых лиственниц (Webber et al., 2010). Некоторые отрасли особенно пострадали от *P. ramorum*, включая индустрию декоративных растений (Linderman et al., 2002; Parke et al., 2002), индустрию компостирования (Garbelotto, 2003) и индустрию пряностей (Harnik et al., 2004).

Способы распространения: патоген распространяется на значительные расстояния с зараженным посадочным материалом растений-хозяев и почвой. Помимо этого, путем распространения может быть кора, субстрат для растений, листья, древесина. Естественное распространение *P. ramorum* происходит с помощью растительного материала с хламидоспорами, перемещаемого водой или почвой. Также распространение

additional indirect cost. In 2009, *P. ramorum* was confirmed to be the cause of extensive dieback and mortality of mature and young Japanese larch (*Larix kaempferi*) at several sites in southwest England. In 2010, *P. ramorum* was isolated from larch stands in South Wales. A total of 2,400 ha, or approximately 0.6 million mature larches, were affected (Webber et al., 2010). Some industries have been particularly affected by *P. ramorum*, including the ornamental plant industry (Linderman et al., 2002; Parke et al., 2002), the composting industry (Garbelotto, 2003), and the spice industry (Harnik et al., 2004).

Pathways: The pathogen spreads over considerable distances via infected host plant material and soil. Other possible routes of spread include bark, planting media, leaves, and wood. Natural spread of *P. ramorum* occurs via plant material containing chlamydospores transported by water or soil. Spread also occurs via sporangia carried by wind and rain. There are no known vectors of the disease other than humans, but any animal that can transport soil is a potential vector.

Symptoms: Cankers on the trunk resemble those caused by other *Phytophthora* species. Discoloration can be seen in the inner bark, cambium, and the first few rings of sapwood; in some hosts, the pathogen causes blockage or disruption of the vascular system (Parke et al., 2007). Wood discoloration varies from dark brown, almost black lesions to slight discoloration of the infected tree tissue. Typical symptoms of oozing

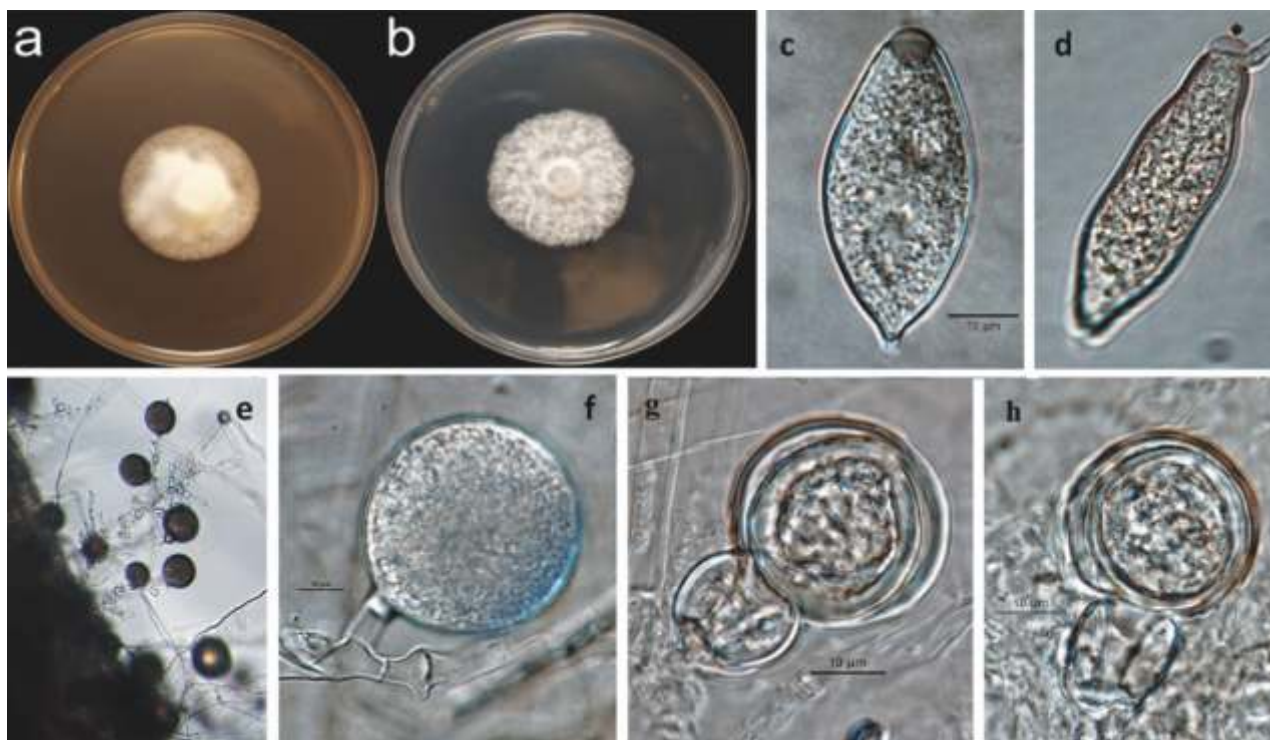


Рис. 10. Форма колонии на агаре V8 (a), картофельно-декстрозном агаре (b); спорангии (c, d); хламидоспоры (e–f); гаметангии и плеротические ооспоры (g, h) (фото: Gloria Abad, USDA-APHIS-PPQ)

Fig. 10. Colony shape on (a) V8 agar, (b) potato dextrose agar; (c, d) sporangia; (e–f) chlamydospores; (g, h) gametangia and plerotic oospores (photo: Gloria Abad, USDA-APHIS-PPQ)

происходит с помощью спорангиев, переносимых ветром и дождем. Нет известных переносчиков заболевания, кроме человека, но любое животное, которое может перемещать почву, является потенциальным переносчиком.

Симптомы: язвы на стволе напоминают те, которые вызываются другими видами *Phytophthora*. Изменение цвета можно увидеть во внутренней коре, камбии и в первых нескольких кольцах заболони, у некоторых хозяев патоген вызывает закупорку или нарушение сосудистой системы (Parke et al., 2007). Цвет поражений древесины варьирует от темно-коричневых, почти черных до слегка заметных на инфицированной ткани дерева. На внешней стороне язв можно увидеть типичные симптомы кровотечения с запахом брожения (или спиртовым запахом). Интенсивность и вязкость кровотечения меняется со временем (см. рис. 8).

Симптомы на листьях развиваются довольно быстро, при этом поражения развиваются в основном вдоль средней жилки листа и могут привести к отмиранию листа. У вересковых растений с мелкими листьями симптомы не столь выражены. Повреждения на *Umbellularia californica* обычно темного цвета, часто на кончике листа, где скапливается вода, но также могут быть на листовой пластине или около черешка. Поражения обычно ограничены неровным краем, часто сопровождаемым хлоротичным ореолом. Преждевременный хлороз всего листа, за которым следует его опадение, распространен в более засушливых районах (см. рис. 9).

Морфологические признаки: морфология колоний на КГА, V8 и солодовом агаре с нечетким рисунком. Минимальная температура роста 9 °C, оптимальная 15–21 °C и максимальная 27 °C.

with a fermented (or alcoholic) odor can be seen on the outer surface of the cankers. The intensity and viscosity of the oozing varies over time (Fig. 8).

Leaf symptoms develop quite rapidly, with lesions developing primarily along the midrib and may lead to leaf dieback. Small-leaved ericaceous plants exhibit less severe leaf symptoms. Lesions on *Umbellularia californica* are typically dark, often at the leaf tip where water accumulates, but may also occur on the leaf blade or near the petiole. Lesions are typically limited to a jagged margin, often accompanied by a chlorotic halo. Premature chlorosis of the entire leaf, followed by leaf drop, is common in drier areas (Fig. 9).

Morphological characters: Colony morphology on PDA, V8 and malt agar with an unclear pattern. Minimum growth temperature 9 °C, optimum 15–21 °C and maximum 27 °C. Sporangia semipapillary; early deciduous with short stalks; ellipsoid, ovoid (22–71 x 15–40 μm). Sporangioophores unbranched or simple sympodial. Hyphal swellings are absent. Coralloid mycelia are observed. Chlamydospores are spherical, subspherical (24–58 μm in diameter), usually formed terminally or intercalarily and sometimes laterally. Heterothallic appearance. Oogonia are smooth-walled, spherical (23–38 μm in diameter), some with conical bases; antheridia are amphigynous, spherical, ovoid, clavate, sometimes with finger-like projections. Oospores are plerotic or slightly aplerotic (20–33 μm in diameter) (Fig. 10).

Спорангии полупапиллярные; рано опадающие с короткими ножками; эллипсоидные, яйцевидные (22–71 x 15–40 мкм). Спорангиеносцы неразветвленные или простые симподиальные. Гифальные вздутия отсутствуют. Наблюдается коралловидный мицелий. Хламидоспоры шаровидные, почти шаровидные (24–58 мкм в диаметре), образуются обычно терминально или интеркалярно и иногда латерально. Гетероталлический вид. Оогонии гладкостенные, шаровидные (диаметром 23–38 мкм), некоторые с коническими основаниями; антеридии амфигинные, сферические, яйцевидные, булабовидные, иногда с пальцевидными выступами. Ооспоры плеротические или слегка аплеротические (диаметром 20–33 мкм), (см. рис. 10).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сурина Т.А., Копина М.Б. Методы диагностики фитофторозов древесных и декоративных растений // Материалы международной научно-практической конференции «Защита и карантин леса». Фитосанитария. Карантин растений. 2024; (1S): С. 76.
2. Braithwaite M., Bullians M.S., Pay J.M., Gill G.S.C., Hill C.F. A disease survey of cherimoya orchards in Northland, New Zealand // 16th Biennial Australasian Plant Pathology Conference. 2007.
3. Garbelotto M., Davidson J.M., Ivors K., Maloney P.E., Huberli D., Koike S.T., Rizzo D.M. Non-oak native plants are main hosts for sudden oak death pathogen in California // California Agriculture. 2003. № 57. P. 18–23.
4. Gibbs J., van Dijk C., Webber J. Phytophthora Disease of Alder in Europe // Forestry Commission Bulletin. 2003. 126. 82 p.
5. Harnik T.Y., Mejia-Chang M., Lewis J., Garbelotto M. Efficacy of heat-based treatments in eliminating the recovery of the sudden oak death pathogen (*Phytophthora ramorum*) from infected California bay laurel leaves // HortScience. 2004. 39. P. 1677–1680.
6. Koltay A. New results of the research on the alder *Phytophthora* disease in Hungarian alder stands // Acta Silv. Lign, Hung., Spec. Edition. 2007. P. 209–213.
7. Linderman R.G., Parke J.L., Hansen E.M. Relative virulence of *Phytophthora* species, including the sudden oak death pathogen, *P. ramorum*, on leaves of several ornamentals // Phytopathology. 2002. 92: S47.
8. McPherson B.A., Wood D.L., Storer A.J., Kelly N.M., Standiford R.B. Sudden Oak Death: Disease trends in Marin County plots after one year // Proceedings of the Fifth Symposium on Oak Woodlands: Oaks in California's Changing Landscape. 23-25 October 2001, San Diego, California (USDA-Forest Service. General Technical Report PSW-GTR-184. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Berkeley, California). 2002. P. 751–764.
9. Parke J.L., Linderman R.J., Hansen E.M. Susceptibility of *Vaccinium* to *Phytophthora ramorum*, cause of sudden oak death // Phytopathology. 2002. 92: S63.
10. Parke J.L., Oh E., Voelker S., Hansen E.M., Buckles G., Lachenbruch B. *Phytophthora ramorum* colonizes tanoak xylem and is associated with reduced stem water transport // Phytopathology. 2007. №97 P. 1558–1567.

REFERENCES

1. Surina T.A., Kopina M.B. Methods for diagnosing late blight of trees and ornamental plants // Proceedings of the international scientific and practical conference "Forest Protection and Quarantine". Plant Health and Quarantine. 2024; (1S): C. 76.
2. Braithwaite M., Bullians M.S., Pay J.M., Gill G.S.C., Hill C.F. A disease survey of cherimoya orchards in Northland, New Zealand // 16th Biennial Australasian Plant Pathology Conference. 2007.
3. Garbelotto M., Davidson J.M., Ivors K., Maloney P.E., Huberli D., Koike S.T., Rizzo D.M. Non-oak native plants are main hosts for sudden oak death pathogen in California // California Agriculture. 2003. № 57. P. 8–23.
4. Gibbs J., van Dijk C., Webber J. *Phytophthora* Disease of Alder in Europe // Forestry Commission Bulletin. 2003. 126. 82 p.
5. Harnik T.Y., Mejia-Chang M., Lewis J., Garbelotto M. Efficacy of heat-based treatments in eliminating the recovery of the sudden oak death pathogen (*Phytophthora ramorum*) from infected California bay laurel leaves // HortScience. 2004. 39. P. 1677–1680.
6. Koltay A. New results of the research on the alder *Phytophthora* disease in Hungarian alder stands // Acta Silv. Lign, Hung., Spec. Edition. 2007. P. 209–213.
7. Linderman R.G., Parke J.L., Hansen E.M. Relative virulence of *Phytophthora* species, including the sudden oak death pathogen, *P. ramorum*, on leaves of several ornamentals // Phytopathology. 2002. 92: S47.
8. McPherson B.A., Wood D.L., Storer A.J., Kelly N.M., Standiford R.B. Sudden Oak Death: Disease trends in Marin County plots after one year // Proceedings of the Fifth Symposium on Oak Woodlands: Oaks in California's Changing Landscape. 23-25 October 2001, San Diego, California (USDA-Forest Service. General Technical Report PSW-GTR-184. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Berkeley, California). 2002. P. 751–764.
9. Parke J.L., Linderman R.J., Hansen E.M. Susceptibility of *Vaccinium* to *Phytophthora ramorum*, cause of sudden oak death // Phytopathology. 2002. 92: S63.
10. Parke J.L., Oh E., Voelker S., Hansen E.M., Buckles G., Lachenbruch B. *Phytophthora ramorum* colonizes tanoak xylem and is associated with reduced stem water transport // Phytopathology. 2007. №97 P. 1558–1567.
11. Swiecki T. J., Bernhardt E. A. Evaluation of stem water potential and other tree and stand variables as risk factors for *Phytophthora ramorum* canker development in coast live oak // Proceedings of the fifth symposium on oak woodlands: oaks in California's changing landscape. Gen. Tech. Rep.

11. Swiecki T. J., Bernhardt E. A. Evaluation of stem water potential and other tree and stand variables as riskfactors for *Phytophthora ramorum* canker development in coast live oak // Proceedings of the fifth symposium on oak woodlands: oaks in California's changing landscape. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-184. Albany, CA. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. 2002. P. 787–798.
12. Webber J., Gibbs J., Hendry S. *Phytophthora* disease of alder // Forestry Commission, Edinburgh. 2004.
13. Webber J.F., Mullett M., Brasier C.M. Dieback and mortality of plantation Japanese larch (*Larix kaempferi*) associated with infection by *Phytophthora ramorum* // New Disease Reports 2010. 22:19.
14. Global Database, 2025. *Phytophthora alni* [Электронный ресурс]. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTAL> (дата обращения: 15.01.2026).
15. Global Database, 2025. *Phytophthora kernoviae* [Электронный ресурс]. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTKE> (дата обращения: 15.01.2026).
16. Global Database, 2025. *Phytophthora ramorum* [Электронный ресурс]. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTRA> (дата обращения: 15.01.2026).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сурина Татьяна Александровна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник научно-методического отдела микологии и гельминтологии ФГБУ «ВНИИКР», пгт Быково, м. о. Раменский, Московская обл., Россия; *ORCID 10000-0002-0463-5762*, *e-mail: t.a.surina@yandex.ru*

PSW-GTR-184. Albany, CA. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. 2002. P. 787–798.

12. Webber J., Gibbs J., Hendry S. *Phytophthora* disease of alder // Forestry Commission, Edinburgh. 2004.

13. Webber J.F., Mullett M., Brasier C.M. Dieback and mortality of plantation Japanese larch (*Larix kaempferi*) associated with infection by *Phytophthora ramorum* // New Disease Reports 2010. 22:19.

14. Global Database, 2025. *Phytophthora alni* [Electronic resource]. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTAL> (last accessed: 15.01.2026).

15. Global Database, 2025. *Phytophthora kernoviae* [Electronic resource]. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTKE> (last accessed: 15.01.2026).

16. Global Database, 2025. *Phytophthora ramorum* [Electronic resource]. URL: <https://gd.eppo.int/taxon/PHYTRA> (last accessed: 15.01.2026).

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Tatiana Surina, PhD in Biology, Leading Researcher, Research and Methodology Department of Mycology and Helminthology, FGBU “VNI IKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *ORCID 10000-0002-0463-5762*, *e-mail: t.a.surina@yandex.ru*

Разработка и валидация методов диагностики вируса карликовости пшеницы (*Mastrevirus hordei*)

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

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

⁶ ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева), г. Москва, Россия, 127434

¹ORCID: 0000-0001-8612-5127,
e-mail: evgeniyaf@mail.ru

²ORCID: 0009-0004-9176-407X,
e-mail: prihodko_yuri59@mail.ru

³ORCID: 0009-0008-8312-2666,
e-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru

⁴ORCID: 0000-0001-9014-4179,
e-mail: bashkirova@mail.ru

⁵ibsh505505@gmail.com

⁶ORCID ID: 0000-0002-7565-1241
e-mail: yury.shneyder@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Вирус карликовости пшеницы (Wheat dwarf virus, или *Mastrevirus hordei*; акроним – WDV) является вредоносным патогеном пшеницы, ячменя, ржи, тритикале, овса и многочисленных видов многолетних злаковых трав. Потери урожая пшеницы в результате заражения этим вирусом могут достигать 100%. Переносчиком WDV является полосатая цикадка (*Psammotettix striatus* L.), широко распространенная на территории РФ.

Для разработки методических рекомендаций по выявлению и идентификации WDV было проведено испытание тест-системы для ИФА фирмы Loewe Biochemica GmbH (Германия), двух тест-систем для ПЦР в реальном времени (ПЦР-РВ) и семи пар праймеров для классической ПЦР.

Установлено, что испытываемая тест-система для ИФА к WDV характеризуется достаточно высокой специфичностью к целевому объекту и может быть рекомендована для проведения скрининговых тестов на наличие этого вируса. Аналогичное заключение сделано также в отношении праймеров и зонда RTIC-F/ RTIC-R/ RTIC-Probe (Wang et al., 2016), которые позволяют диагностировать изоляты штаммов WDV-B и WDV-W с высокой специфичностью, чувствительностью и воспроизводимостью тестов. Установлено, что праймеры WDV-40F/WDV-806R и WDV-WFb/WDV-WRb

Development and validation of methods for diagnosing Wheat dwarf virus (WDV) (*Mastrevirus hordei*)

EVGENIA N. LOZOVAYA¹, YURI N. PRIKHODKO²,
TATIANA S. ZHIVAeva³, IDA G. BASHKIROVA⁴,
ANASTASIA A. EMEL'YANOVA⁵, YURI A. SHNEYDER⁶

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

⁶ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia, 127434

¹ORCID: 0000-0001-8612-5127,
e-mail: evgeniyaf@mail.ru

²ORCID: 0009-0004-9176-407X,
e-mail: prihodko_yuri59@mail.ru

³ORCID: 0009-0008-8312-2666,
e-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru

⁴ORCID: 0000-0001-9014-4179,
e-mail: bashkirova@mail.ru

⁵ibsh505505@gmail.com

⁶ORCID ID: 0000-0002-7565-1241
e-mail: yury.shneyder@mail.ru

ABSTRACT

Wheat dwarf virus (WDV), or *Mastrevirus hordei*, is a harmful pathogen of wheat, barley, rye, triticale, oats, and numerous species of perennial cereal grasses. Wheat yield losses due to infection by this virus can reach 100%. WDV is transmitted by *Psammotettix striatus* L. Widely spread in the Russian Federation.

To develop guidelines for the detection and identification of WDV, a test system for ELISA by Loewe Biochemica GmbH (Germany), two test systems for real-time PCR and 7 pairs of primers for classical PCR were tested.

The WDV ELISA test system tested was found to be characterized by a sufficiently high specificity for the target and can be recommended for screening tests for this virus. A similar conclusion was reached regarding the RTIC-F/RTIC-R/RTIC-Probe primers and probe (Wang et al., 2016), which enable the diagnosis of WDV-B and WDV-W isolates with high specificity, sensitivity, and reproducibility. It was established that the WDV-40F/WDV-806R and WDV-WFb/WDV-WRb primers

позволяют диагностировать изоляты штаммов WDV-W и WDV-B, тогда как праймеры WDV-F/WDV-R, WDV-T-F/WDV-T-R и WDV-1F/WDV-WRb характеризуются специфичностью к штамму WDV-W, а праймеры WDV-H-F/WDV-H-R и WDV-WFb/WDV-4R – специфичностью к штамму WDV-B. Для проведения подтверждающих тестов на наличие WDV отработаны протоколы классической ПЦР с праймерами WDV-WFb/WDV-WRb и WDV-F/WDV-R, обеспечивающие высокую эксклюзивность, инклюзивность и чувствительность тестов.

Ключевые слова. Иммуноферментный анализ, молекулярная диагностика, полимеразная цепная реакция, праймеры, секвенирование.

ВВЕДЕНИЕ



Зерновые культуры имеют важнейшее значение для обеспечения продовольственной безопасности нашей страны. По данным Росстата, урожай зерновых в России в 2022, 2023 и 2024 гг. составил соответственно 157,67 млн тонн, 144,96 млн тонн и 124,96 млн тонн. В 2024 г.

было произведено 82,4 млн тонн зерна пшеницы, 16,7 млн тонн зерна ячменя, 13,2 млн тонн зерна кукурузы и 12,6 млн тонн зерна прочих культур. По итогам 2025 г. ожидается сбор урожая зерновых не менее 135 млн тонн, в том числе пшеницы – не менее 93,5 млн тонн.

Одной из причин снижения урожайности зерновых культур являются вирусные болезни. В настоящее время на зерновых культурах известно не менее 128 фитопатогенных вирусов, относящихся к 36 родам 19 таксономических семейств. Растения пшеницы заражают не менее 62 вирусов, а растения кукурузы, ячменя и ржи – соответственно 52, 37 и 28 вирусов (CABI, 2025). В ФГБУ «ВНИИКР» проводились многолетние исследования зараженности посевов зерновых культур вирусами и другими фитопатогенными организмами, а также сорными растениями (Кулакова и др., 2022, Хорина Н.А. и др., 2023, Приходько и др., 2024, Живаева Т.С. и др., 2025).

Одним из наиболее вредоносных патогенов пшеницы является вирус карликовости пшеницы (Wheat dwarf virus, или *Mastrevirus hordei*; акроним – WDV). WDV заражает пшеницу, ячмень, рожь, тритикале, овес и не менее 25 видов многолетних злаковых трав, включая такие повсеместно распространенные растения, как костер безостый (*Bromus inermis* Leyss.), метлица обыкновенная (*Apera spica-venti* (L.) P.Beauv.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), мятлик однолетний (*Poa annua* L.), овсюг (*Avena fatua* L.), райграс пастбищный (*Lolium perenne* L.), ячмень мышиный (*Hordeum murinum* L.) (Nygren et al., 2014; Pfrieme et al., 2023).

Вирус распространен в 17 странах Европы, включая сопредельные с Российской Федерацией Польшу, Украину, Финляндию и Эстонию, а также в Ираке, Иране, Китае, Сирии, Турции, Египте,

enable the diagnosis of isolates of the WDV-W and WDV-B strains, while the WDV-F/WDV-R, WDV-T-F/WDV-T-R and WDV-1F/WDV-WRb primers are characterized by specificity to the WDV-W strain, and the WDV-H-F/WDV-H-R and WDV-WFb/WDV-4R primers are specific to the WDV-B strain. To conduct confirmatory tests for the presence of WDV, classical PCR protocols with the WDV-WFb/WDV-WRb and WDV-F/WDV-R primers have been developed, ensuring high exclusivity, inclusiveness and sensitivity of tests.

Key words. Enzyme-linked immunosorbent assay, molecular diagnostics, polymerase chain reaction, primers, sequencing.

INTRODUCTION



Grain crops are crucial for ensuring Russia's food security. According to Rosstat, the grain harvest in Russia in 2022, 2023, and 2024 amounted to 157.67 million tons, 144.96 million tons, and 124.96 million tons, respectively. In 2024, 82.4 million tons of wheat, 16.7 million tons of barley, 13.2 million tons of corn, and 12.6 million tons of other grains were produced. By the end of 2025, the grain harvest is expected to be at least 135 million tons, including at least 93.5 million tons of wheat.

One of the reasons for the decline in grain crop yields is viral diseases. Currently, at least 128 phytopathogenic viruses belonging to 36 genera of 19 taxonomic families are known to infect grain crops. Wheat plants are infected by at least 62 viruses, and corn, barley, and rye plants by 52, 37, and 28 viruses, respectively (CABI, 2025). FGBU "VNIICR" has conducted long-term studies of the infestation of grain crops by viruses and other phytopathogenic organisms, as well as weeds (Kulakova et al., 2022, Khorina N.A. et al., 2023, Prikhodko et al., 2024, Zhivaeva T.S. et al., 2025).

One of the most harmful pathogens of wheat is the wheat dwarf virus, or *Mastrevirus hordei*. WDV infects wheat, barley, rye, triticale, oats, and at least 25 species of perennial grasses, including such common plants as *Bromus inermis* Leyss., *Apera spica-venti* (L.) P.Beauv., *Poa pratensis* L., *Poa annua* L., *Avena fatua* L., *Lolium perenne* L., *Hordeum murinum* L. (Nygren et al., 2014; Pfrieme et al., 2023).

The virus is widespread in 17 European countries, including Poland, Ukraine, Finland, and Estonia, which border the Russian Federation, as well as in Iraq, Iran, China, Syria, Turkey, Egypt, Zambia, and Tunisia (CABI, 2025). It is included in the list of quarantine pests in Egypt.

Замбии и Тунисе (CABI, 2025). Входит в перечень карантинных вредных организмов Египта.

Название вируса происходит от его основных характеристик: нарушения роста побегов и ненормального образования многочисленных слабо развитых побегов, что приводит к развитию симптомов карликовости. Уже осенью пораженные WDV растения озимого ячменя и озимой пшеницы выделяются на поле желтым цветом и очень высокой степенью кущения. В течение зимы инфицированные осенью растения могут погибнуть, что приводит к изреженности посевов. Выжившие растения часто имеют карликовый вид, их колосья могут быть стерильными или образуют щуплозерно.

Симптомы сначала появляются на самых молодых листьях, а затем переходят на более старые листья. На листьях развивается хлороз начиная с кончиков и краев листьев. Характерным признаком является деформация самого молодого листа. Верхняя часть листьев пшеницы иногда приобретает красноватый оттенок.

Симптомы на растениях озимого ячменя аналогичны симптомам на озимой пшенице, но без образования красной окраски. Яровой ячмень реагирует меньшей степенью карликовости и пожелтения листьев. На растениях озимой ржи часто развивается покраснение листьев. У яровой ржи наблюдается лишь незначительная депрессия развития, немногочисленные пятна на листьях и отсутствие нарушений генеративных органов. У растений овса наблюдается незначительная депрессия развития, пожелтение и светло-красная окраска листьев.

Вызываемые WDV симптомы визуально очень схожи с симптомами, вызываемыми вирусом желтой карликовости ячменя (BYDV). Два этих вируса могут быть дифференцированы лишь с помощью серологических и/или молекулярных методов диагностики (Manurung et al. 2004; Nygren et al., 2014; Mishchenko et al., 2022; Pfrieme et al., 2023).

Вирус карликовости пшеницы является представителем рода *Mastrevirus* семейства *Geminiviridae*.

Как и у других геминивирусов, вирионы WDV состоят из двух неполных икосаэдров размером 30×18 нм. Нуклеокапсид в общей сложности состоит из 22 капсомеров, в свою очередь состоящих из 110 белковых субъединиц, которые формируют типичный для геминивирусов вирион квазиизометрической формы, состоящий из двоянных вирионов. Вирионы энкапсидированы единственным белком оболочки с молекулярной массой 28 кДа (Brunt et al., 1996).

Геном WDV состоит из единственной молекулы одноцепочечной кольцевой ДНК, состоящей из 2733-2749 нуклеотидов. Геномная ДНК содержит четыре открытые рамки считывания (ОРС), каждая из которых кодирует по одному белку. ОРС V1 и V2 с плюс-смысловой последовательностью нуклеотидов кодируют, соответственно, белок оболочки (СР) и транспортный белок (МР). ОРС С1 и С2 с антисмысловой последовательностью нуклеотидов кодируют, соответственно, ассоциированный с репликацией белок (RepA) и белок инициации репликации (Rep). ОРС с плюс-смысловыми и антисмысловыми последовательностями

The virus's name derives from its primary characteristics: impaired shoot growth and the abnormal formation of numerous underdeveloped shoots, leading to the development of dwarfing symptoms. Already in the fall, winter barley and winter wheat plants infected with WDV are noticeable in the field by their yellow color and very high tillering rate. During the winter, fall-infected plants may die, resulting in sparse crops. Surviving plants often have a dwarfed appearance, with sterile ears or shrunken grain.

Symptoms first appear on the youngest leaves and then progress to older leaves. Chlorosis develops on the leaves, beginning at the tips and margins. A characteristic sign is the youngest leaf deformation. The upper surface of wheat leaves sometimes takes on a reddish tint.

Symptoms in winter barley plants are similar to those in winter wheat, but without the red coloration. Spring barley responds with a lesser degree of dwarfing and yellowing of leaves. Winter rye plants often develop reddening of leaves. Spring rye exhibits only minor developmental delay, a few leaf spots, and no damage to reproductive organs. Oat plants exhibit minor developmental delay, yellowing, and light red leaf coloration.

The symptoms caused by WDV are visually very similar to those caused by barley yellow dwarf virus (BYDV). These two viruses can only be differentiated using serological and/or molecular diagnostic methods (Manurung et al. 2004; Nygren et al., 2014; Mishchenko et al., 2022; Pfrieme et al., 2023).

WDV is a member of the *Mastrevirus* genus of the *Geminiviridae* family.

Like other geminiviruses, WDV virions consist of two incomplete icosahedra measuring 30 × 18 nm. The nucleocapsid consists of a total of 22 capsomeres, which in turn consist of 110 protein subunits, which form the quasi-isometric virion typical of geminiviruses, consisting of double virions. The virions are encapsidated by a single envelope protein with a molecular mass of 28 kDa (Brunt et al., 1996).

The WDV genome consists of a single molecule of single-stranded circular DNA, consisting of 2733-2749 nucleotides. Genomic DNA contains four open reading frames (ORFs), each encoding one protein. ORFs V1 and V2, with a plus-sense nucleotide sequence, encode the coat protein (CP) and the transport protein (MP), respectively. ORFs C1 and C2, with an antisense nucleotide sequence, encode the replication-associated protein (RepA) and the replication initiation protein (Rep), respectively. ORFs with plus-sense and antisense sequences are separated by a large (LIR) and short (SIR) non-coding intergenic sequences (Wei et al., 2024).

WDV is characterized by two groups of isolates – WDV-W and WDV-B – that specialize in infecting wheat and barley, respectively. The identity of the whole-genome nucleotide sequences of these strains does not exceed 84%. There are only a few reports of the detection of barley strain isolates on wheat, while the

разделены большой (LIR) и короткой (SIR) некодирующими межгенными последовательностями (Wei et al., 2024).

Для WDV характерно наличие двух групп изолятов – WDV-W и WDV-B, специализирующихся, соответственно, на заражении пшеницы и ячменя. Идентичность полногеномных последовательностей нуклеотидов этих штаммов не превышает 84%. Имеются лишь немногочисленные сообщения о выявлении изолятов ячменного штамма на пшенице, тогда как пшеничный штамм достаточно часто встречается на ячмене (Tobias et al., 2011; Pfrieme et al., 2023; Wei et al., 2024).

Идентичность последовательностей нуклеотидов внутри группы WDV-W обычно составляет не менее 98%. Изоляты группы WDV-B являются более вариабельными и могут отличаться по последовательности нуклеотидов на 6% и более. Наиболее вариабельными участками генома WDV являются большой (LIR) и короткий (SIR) межгенные участки (Kundu et al., 2009; Pfrieme et al., 2023; Wei et al., 2024).

Переносчиком WDV является полосатая цикадка (*Psammotettix striatus* L.). В зарубежной литературе этот вид часто фигурирует под синонимическими названиями *Psammotettix alienus* Dahlb. и *Psammotettix provincialis* Rib.

Psammotettix striatus представляет собой голарктический вид, обитающий на лугах, пахотных землях и залежных участках. В Европейской части Российской Федерации распространена повсеместно, кроме районов Крайнего Севера. Распространена также в Камчатская области, Хабаровском и Приморском краях. *Psammotettix striatus* является полифагом и питается на многочисленных растениях семейства *Poaceae*. Сообщалось также о возможности питания этой цикадки на некоторых двудольных растениях, таких как люцерна, морковь и амброзия полыннолистная. Зимует в стадии яйца. В умеренном климатическом поясе развивается от двух до четырех поколений полосатой цикадки в год в зависимости от условий окружающей среды (Бей-Биенко, 1972; Орлов, 2006).

Psammotettix striatus распространяет WDV полуперсистентным способом, т. е. вирус проникает в слюнные железы особей цикадки, длительное время сохраняется в них, но не передается потомству через яйца. WDV способны передавать как имаго, так и все личиночные стадии цикадки. Как правило, первичное заражение WDV растений озимого ячменя и озимой пшеницы происходит взрослыми особями цикадки, мигрирующими на поля с многолетних злаковых трав в осенний период (Brunt et al., 1996).

Наблюдающееся потепление климата способствует удлинению периода активности *Psammotettix striatus*, успешной перезимовке и распространению этого вида в новые места обитания, что привело к увеличению значимости WDV на большей части Европы (Pfrieme et al., 2023).

WDV не передается при механической инокуляции, не передается контактным путем между растениями, не распространяется семенами и пылью, не сохраняется в почве (CABI, 2025).

WDV характеризуется чрезвычайно высокой вредоносностью. На Украине было установлено,

wheat strain is quite common on barley (Tobias et al., 2011; Pfrieme et al., 2023; Wei et al., 2024).

The nucleotide sequence identity within the WDV-W group is typically at least 98%. Isolates of the WDV-B group are more variable and can differ in nucleotide sequence by 6% or more. The most variable regions of the WDV genome are the large intergenic region (LIR) and short intergenic region (SIR) (Kundu et al., 2009; Pfrieme et al., 2023; Wei et al., 2024).

The vector of WDV is *Psammotettix striatus* L. In international literature, this species often appears under synonymous names *Psammotettix alienus* Dahlb. and *Psammotettix provincialis* Rib.

Psammotettix striatus is a Holarctic species that inhabits meadows, arable lands, and fallow lands. In the European part of the Russian Federation, it is widespread, except for the regions of the Far North. It is also widespread in Kamchatka Oblast, Khabarovsk Krai and Primorsky Krai. *Psammotettix striatus* is polyphagous and feeds on numerous plants of the *Poaceae* family. It has also been reported that this leafhopper can feed on some dicotyledonous plants, such as alfalfa, carrots, and common ragweed. It overwinters in the egg stage. In the temperate climate zone, two to four generations of *Psammotettix striatus* develop per year, depending on environmental conditions (Bei-Bienko, 1972; Orlov, 2006).

Psammotettix striatus spreads WDV semi-persistently, meaning the virus enters the salivary glands of leafhoppers, persists there for a long time, and is not transmitted to offspring via eggs. Both adult and all larval stages of leafhoppers are capable of transmitting WDV. Typically, primary WDV infection of winter barley and winter wheat plants occurs through adult leafhoppers migrating from perennial cereal grasses into fields in the fall (Brunt et al., 1996).

The observed warming of the climate contributes to the extension of the active period of *Psammotettix striatus*, successful overwintering and the spread of this species to new habitats, which has led to an increase in the importance of WDV in most of Europe (Pfrieme et al., 2023).

WDV is not transmitted by mechanical inoculation, is not transmitted by contact between plants, is not spread by seeds and pollen, and does not persist in soil (CABI, 2025).

WDV is characterized by extremely high harmfulness. In Ukraine, it was found that infection of wheat plants with this virus leads to a 3.3-fold decrease in the number of grains per ear, 3.4-fold decrease in ear weight, and 1000-grain weight by 1.9-3.3 times. In heavily infested fields, the proportion of plants without heading varied from 50% to 100% (Mishchenko et al., 2021). In Sweden, during the WDV epiphytotic outbreak of 1997, wheat yield losses averaged 35%, but reached 90% in some fields (Lindblad, Waern, 2002). In 2004, in Finland, winter wheat yield losses due to WDV infection varied from

что заражение этим вирусом растений пшеницы приводит к снижению количества зерен в колосе в 3,3 раза, массы колосьев в 3,4 раза и массы 1000 зерен в 1,9-3,3 раза. На сильно зараженных полях количество растений с отсутствием колошения варьировало от 50 до 100% (Mishchenko et al., 2021). В Швеции во время эпифитотии WDV в 1997 г. потери урожая пшеницы в среднем составили 35%, но на отдельных полях достигали 90% (Lindblad, Waern, 2002). В 2004 г. в Финляндии потери урожая озимой пшеницы в результате заражения WDV варьировали в пределах 20–40%, но на отдельных полях достигали 100% (Lemmetty, Huusela-Veistola, 2005). В Чехии после искусственного заражения WDV растений 25 сортов пшеницы наблюдалось снижение их урожайности от 87,3% до 100% (Širlová et al., 2005). Ввиду столь высокой вредоносности, WDV в настоящее время считается наиболее экономически значимым вирусом пшеницы в Европе (Pfrieme et al., 2023).

Помимо WDV, из известных мастревирусов растения пшеницы заражают также вирус карликовости пшеницы из Индии (Wheat dwarf India virus, WDIV), вирус полосатости кукурузы (Maize streak virus, MSV) и вирус полосатой мозаики хлориса (Chloris striate mosaic virus, CSMV; синоним: Wheat striate mosaic virus). MSV и CSMV заражают также растения ячменя, овса и кукурузы. MSV преимущественно распространен в странах Африки, а также в Индии, Индонезии и Йемене. Распространенность WDIV ограничена Индией, а CSMV распространен лишь в Австралии. Таким образом, WDV является единственным мастревирусом, распространенным на зерновых культурах в Европе (Pfrieme et al., 2023), что облегчает разработку методов его диагностики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований являлись:

- референтный изолят WDV PV-0840 (DSMZ, Германия) и WDV +K (Loewe, Германия);
- изоляты WDV выявленные в 2024–2025 гг. в посевах пшеницы на территории Алтайского, Краснодарского, Ставропольского краев, Волгоградской и Воронежской областей.
- референтные изоляты бимовируса слабой мозаики ячменя (BaMMV), бимовируса желтой мозаики ячменя (BaYMV), бимовируса веретеновидной полосатой мозаики пшеницы (WSSMV), бромовируса мозаики костра (BMV), лютеовируса желтой карликовости ячменя (BYDV-MAV, BYDV-PAV), почвообитающего фурувируса мозаики пшеницы (SBWMV), тритимовируса полосатой мозаики пшеницы (WSMV), тритимовируса полосатой мозаики костра (BStMV), хордеивируса штриховатой мозаики ячменя (BSMV), которые использовали в экспериментах по оценке специфичности испытываемых тест-систем.

Обследования посевов пшеницы в Краснодарском крае проводили совместно с сотрудниками ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко».

Для проведения серологических тестов испытывали тест-систему для ИФА к WDV фирмы Loewe Biochemica GmbH (Германия). Эти тест-системы использовали согласно прилагаемой к набору инструкции фирмы-производителя.

20-40%, but reached 100% in some fields (Lemmetty, Huusela-Veistola, 2005). In the Czech Republic, after artificial infection of 25 wheat varieties with WDV, yield reductions ranging from 87.3% to 100% were observed (Širlová et al., 2005). Due to its high severity, WDV is currently considered the most economically significant wheat virus in Europe (Pfrieme et al., 2023).

In addition to WDV, other known mastreviruses that infect wheat plants include Wheat dwarf India virus (WDIV), Maize streak virus (MSV), and Chloris striate mosaic virus (CSMV; synonym: Wheat striate mosaic virus). MSV and CSMV also infect barley, oats, and maize. MSV is predominantly detected in African countries, as well as in India, Indonesia, and Yemen. WDIV is limited to India, and CSMV is found only in Australia. Thus, WDV is the only mastrevirus common in cereal crops in Europe (Pfrieme et al., 2023), facilitating the development of diagnostic methods.

MATERIALS AND METHODS

The objects of the research were:

- reference isolate WDV PV-0840 (DSMZ, Germany) and WDV +K (Loewe, Germany);
- WDV isolates detected in 2024-2025 in wheat crops in the Altai Krai, Krasnodar Krai, Stavropol Krai, Volgograd Oblast and Voronezh Oblast.
- Reference isolates of Barley Mild Mosaic Virus (BaMMV), Barley yellow mosaic virus (BaYMV), Wheat Spindle Streak Mosaic Virus (WSSMV), Brome mosaic virus (BMV), Barley Yellow Dwarf Virus (BYDV-MAV, BYDV-PAV), Soil-borne cereal mosaic virus (SBCMV), Soil-borne wheat mosaic virus (SBWMV), Wheat Streak Mosaic Virus (WSMV), Brome Streak Mosaic Virus (BStMV), Barley stripe mosaic virus (BSMV), which were used in experiments to assess the specificity of the tested test systems.

Surveys of wheat crops in Krasnodar Krai were carried out jointly with specialists of the P.P. Lukyanenko National Grain Center".

For serological testing, we used the WDV ELISA test system by Loewe Biochemica GmbH (Germany). These test systems were used according to the manufacturer's instructions included with the kit.

DNA extraction for polymerase chain reaction (PCR) was performed using commercial reagent kits "Proba-NK" (Agrodiagnostika, Russia) and "FitoSorb-M" (Synthol, Russia) according to the manufacturers' instructions.

The diagnostics of WDV using the PCR method was carried out with the primers and probes presented in Table 1.

Real-time PCR tests were performed with Russian reagent kits: 2.5x reaction mixture for RT-PCR in the presence of ROX (Synthol), qPCR mix HS (Evrogen), 5x Genta qPCR master mix and 5x Genta Taq-AB qPCR master mix (GenTerra), and tests in the classical PCR format were performed with reagent kits 5x Genta PCR PRIZM (GenTerra) and 5x Mas^{DP}TaqMIX -2025 (Dialat) with the development of thermal cycling modes, primer concentrations and templates.

The resulting amplicons were sequenced using a modified Sanger method on an AB-3500 genetic analyzer (Applied Biosystems, USA). BioEdit 7.0.5.3 software (Hall, 1999) and the BLASTN and Needleman-

Табл. 1. Праймеры и зонды, используемые для отработки диагностики WDV методом ПЦР
Table 1. Primers and probes used for WDV diagnostics using PCR

Название праймера Primer	Последовательность 5'→3' Sequence 5'→3'	Целевой участок генома Target genome region	Продукт (п.о.) Product (bp)	Автор Author
RTIC-F	AAGCTTGTCTGCACGAGAACGTGC	Ген Rep Gene Rep	206	Wang et al., 2016
RTIC-R	CCATGGCCTCTTCATCTACACCCAG			
RTIC-Probe	FAM-ATCCATCTTCGTGGAGCTC-BHQ			
WDV-For	CCCCGGTTCGATCTGATT	Ген CP Gene CP	70	Hao et al., 2021
WDV-Rev	CGGTCTGATTTGTATGCCGATT			
WDV-T	FAM-CCTGTTTTTGTCTAGGGTAAGG CCGAT-BHQ1	Ген Rep Gene Rep	346	Abt et al., 2020
WDV-1F	GAGGCGAACGAGTAGTTGAT			
WDV-WRb	GGAAAGACTTCCTGGGCAAG			
WDV-WFb	CCACTGACATCTTTACGATGC	Ген CP+SIR Genes CP+SIR	935	Abt et al., 2020
WDV-WRb	GGAAAGACTTCCTGGGCAAG			
WDV-WFb	CCACTGACATCTTTACGATGC	Ген CP+SIR Genes CP+SIR	610	Abt et al., 2020
WDV-4R	AGGGTGAATCATCTTCG			
WDV-40F	TGAGTGC GCGGAGGCTTTTGG	Гены CP+MP Genes CP+MP	767	Wu et al. 2008
WDV-806R	TCTGGCATTCCTGTTTCGG			
WDV-F	ATGGTGACCAACAAGGACTCC	Ген CP Gene CP	783	Zhang et al., 2017
WDV-R	TTACTGAATGCCGATGGCTTTG			
WDV-H-F	CAAGGGGCGAGATCACACA	SIR	385	Trzmiel, Klejdysz, 2018
WDV-H R	CCACAАCTACTACAACAGCC			
WDV-T-F	CGAGTAGTTGATGAATGACTCG	Ген RepA Gene RepA	735	Trzmiel, Klejdysz, 2018
WDV-T-R	GGCTGTTTCAACTCCAGGTCG			

Экстракцию ДНК для проведения полимеразной цепной реакции (ПЦР) проводили коммерческими наборами реагентов «Проба-НК» (Агродиагностика, Россия) и «ФитоСорб-М» (Синтол, Россия) согласно инструкциям фирм-производителей.

Отработку диагностики WDV методом ПЦР проводили с праймерами и зондами, представленными в табл. 1.

Тесты в формате ПЦР в реальном времени проводили с отечественными наборами реагентов: 2,5x реакционная смесь для ПЦР-РВ в присутствии ROX (Синтол), qPCR mix HS (Евроген), 5x Genta qPCR мастер-микс и 5x Genta Taq-AB qPCR мастер-микс (ГенТерра), а тесты в формате классической ПЦР – с наборами реагентов 5x Genta PCR PRIZM (ГенТерра) и 5x Mas^{dd}TaqMIX -2025 (Диалат) с отработкой термоциклических режимов, концентраций праймеров и температуры.

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

Wunsch Global Align Nucleotide Sequences (blast.ncbi.nlm.nih.gov) alignment algorithms were used to analyze the resulting nucleotide sequences. Phylogenetic analysis was performed using the MEGA11 program (Tamura et al., 2021).

RESULTS AND DISCUSSION

The analytical specificity of the Loewe WDV ELISA test system was determined for 21 isolates of 16 cereal-infecting viruses that can occur in mixed infections with WDV, taxonomically belonging to the genera Bromovirus (BMV), Bymovirus (BaMMV, BaYMV, WSSMV), Furovirus (SBCMV, SBWMV), Hordeivirus (BSMV), Luteovirus (BYDV-MAV, BYDV-PAV), Emaravirus (HPWMoV), Nepovirus (ArMV), Polerovirus (CYDV), Tobamovirus (TMV), and Tritimovirus (BrSMV, WSMV). The WDV reference isolate PC-0840 (DSMZ) was used as an additional positive control sample.

In the experiment, a positive signal was observed not only for the positive control and reference isolate of the target, but also for the barley streak mosaic virus isolate BSMV PC-0330 (DSMZ). BSMV is known to belong to the *Hordeivirus* genus and is serologically unrelated to WDV, which belongs to the *Mastrevirus* genus. Therefore, it can be assumed that the freeze-

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Аналитическую специфичность тест-системы для ИФА к WDV фирмы Loewe определяли в отношении 21 изолята 16 вирусов, заражающих зерновые культуры, которые могут встречаться в смешанной инфекции с WDV, в таксономическом отношении относящихся к родам Bromovirus (BMV), Ymovirus (BaMMV, BaYMV, WSSMV), Furovirus (SBCMV, SBWMV), Hordeivirus (BSMV), Luteovirus (BYDV-MAV, BYDV-PAV), Emaravirus (HPWMoV), Nepovirus (ArMV), Polerovirus (CYDV), Tobamovirus (TMV) и Tritimovirus (BrSMV, WSMV). В качестве дополнительного положительного контрольного образца использовали референтный изолят WDV PC-0840 (DSMZ).

В проведенном эксперименте положительный сигнал наблюдался не только для положительного контроля и референтного изолята целевого объекта, но и для изолята вируса штриховатой мозаики ячменя BSMV PC-0330 (DSMZ). Как известно, BSMV относится к роду *Hordeivirus* и серологически неродственен WDV, относящегося к роду *Mastrevirus*. Поэтому можно предположить, что в образце лиофилизированных листьев, содержащем изолят BSMV PC-0330, содержится также примесь изолята WDV. Косвенным подтверждением этому является тот факт, что со вторым используемым изолятом BSMV (положительным контролем к BSMV фирмы Loewe) перекрестной реакции не наблюдалось. Для всех остальных изолятов нецелевых вирусов имел место отрицательный сигнал на уровне отрицательного контрольного образца (см. табл. 2).

В последующем данную тест-систему использовали для проведения скрининговых тестов образцов зерновых культур, отобранных при проведении обследований. На многих растениях пшеницы с сероположительной реакцией к WDV наблюдались типичные симптомы этого вируса. При наличии комбинированной инфекции WDV и вируса мозаики костра (BMV) развивались более интенсивные симптомы (см. рис. 1).

Отработку диагностики WDV методом ПЦР в реальном времени проводили с праймерами и зондами RTIC-F/RTIC-R/RTIC-Probe (Wang et al., 2016) и WDV-For/WDV-Rev/WDV-T (Hao et al., 2021), комплементарных соответственно участкам генов Rep и CP целевого объекта. Эксперименты проводили с выявленными в 2024 г. изолятами WDV KrWD-1, KrWD-2 (Краснодарский край), VolWD-1, VolWD-2, VolWD-15, VolWD-19, VolWD-20, VolWD-22 (Волгоградская область), VorWD-8 (Воронежская область) и AlWD-1 (Алтайский край), а также с референтным изолятом WDV PV-0840 (DSMZ).

При испытании праймеров и зонда RTIC-F/RTIC-R/RTIC-Probe в эксперименте с набором реагентов 2,5x Реакционная смесь для ПЦР-РВ в присутствии ROX (Синтол) положительный сигнал

Табл. 2. Определение специфичности тест-системы для ИФА к вирусу карликовости пшеницы (WDV) фирмы Loewe Biochemica GmbH (Германия)
Table 2. Specificity of the ELISA test system for wheat dwarf virus (WDV) by Loewe Biochemica GmbH (Germany)

№	Образец Sample	WDV (Loewe)		
		X Ao	Ao/Ak	**
1	BMV PV-0194 DSMZ	0,024	1,08	-
2	BMV PV-0178 DSMZ	0,030	1,38	-
3	BSMV PC-0330 DSMZ	0,192	8,86	+
4	BSMV +K Loewe	0,023	1,04	-
5	BYDV-MAV +K Agdia	0,025	1,13	-
6	BYDV-PAV +K Agdia	0,024	1,08	-
7	CYDV-RPV +K Agdia	0,025	1,13	-
8	BrSMV PC-1052 DSMZ	0,025	1,13	-
9	BaMMV PC-0329 DSMZ	0,023	1,06	-
10	BaYDV +K Loewe	0,022	1,02	-
11	WSMV PC-0356 DSMZ	0,029	1,32	-
12	WSMV +K Loewe	0,022	1,00	-
13	WSMV +K Agdia	0,024	1,11	-
14	WSSMV PC-0541 DSMZ	0,025	1,15	-
15	SBCMV PC-0552 DSMZ	0,023	1,04	-
16	SBWMV PC-0748 DSMZ	0,026	1,18	-
17	SBWMV +K Agdia	0,027	1,22	-
18	TMV PV-1195 DSMZ	0,024	1,08	-
19	ArMV +K Agdia	0,025	1,15	-
20	WDV PC-0840 DSMZ	0,359	16,32	+
21	HPWMoV +K (CPC) Agdia	0,034	1,55	-
Отрицательный контроль		0,022		
Положительный контроль		0,559		

dried leaf sample containing the BSMV PC-0330 isolate also contained an admixture of the WDV isolate. Indirect confirmation of this is the fact that no cross-reaction was observed with the second BSMV isolate used (the positive control for BSMV from Loewe). For all other non-target virus isolates, a negative signal was observed at the level of the negative control sample (Table 2).

This test system was subsequently used to screen grain samples collected during surveys. Many wheat plants that tested positive for WDV exhibited typical symptoms of this virus. Combined infections of WDV and brome mosaic virus (BMV) resulted in more intense symptoms (Fig. 1).

Real-time PCR diagnostics of WDV were tested using RTIC-F/RTIC-R/RTIC-Probe (Wang et al., 2016) and WDV-For/WDV-Rev/WDV-T (Hao et al., 2021) primers and probes, complementary to the target Rep and CP gene regions, respectively. Experiments were performed with WDV isolates KrWD-1, KrWD-2 (Krasnodar Krai), VolWD-1, VolWD-2, VolWD-15, VolWD-19, VolWD-20, VolWD-22 (Volgograd Oblast),



a) Wheat, Torba variety, WDV mono-infection (KrWD-13)

b) Wheat, Hermitage variety, mono-infection with WDV (KrWD-16)

c) Wheat, Hermitage variety, co-infection with WDV + BMV (KrWD-6)

d) Wheat, variety Helmet, coinfection WDV + BMV (KrWD-12)

Рис. 1. Растение озимой пшеницы с симптомами заражения вирусом карликовости пшеницы (WDV) и комплексом вирусов WDV+BMV (фото авторов)

Fig. 1. Winter wheat plant with symptoms of infection by wheat dwarf virus (WDV) and the WDV+BMV virus complex (photo by the authors)

наблюдался для всех изолятов целевого объекта на пороговых циклах, не превышающих $C_p=28,4$. В эксперименте с набором реагентов Genta Taq AB UDG (ГенТерра) положительный сигнал отсутствовал для обоих изолятов целевого объекта из Краснодарского края и одного изолята из Воронежской области. В тесте с набором реагентов qPCR mix HS (Евроген) также не были выявлены три изучаемых изолята WDV (см. рис. 2).

В последующих экспериментах было установлено, что данные праймеры и зонд характеризуются очень высокой специфичностью к целевому объекту. В тестах с наборами реагентов 2,5x Реакционная смесь для ПЦР-РВ в присутствии ROX и Genta Taq AB UDG не наблюдалось неспецифичной реакции этих праймеров и зонда со всеми испытываемыми изолятами нецелевых вирусов, заражающих зерновые культуры и относящихся к родам *Bromovirus*, *Bymovirus*, *Furovirus*, *Hordeivirus*, *Luteovirus*, *Polerovirus* и *Tritimovirus*. В тесте с набором реагентов qPCR mix HS неспецифичный сигнал на высоком пороговом цикле ($C_p=35,6$) имел место лишь для изолята вируса карликовости ячменя (BYDV-PAV) (см. рис. 3).

На примере референтного изолята WDV PV-0840 (DSMZ) установлено, что при использовании наборов реагентов 2,5x Реакционная смесь для ПЦР-РВ в присутствии ROX (Синтол) и qPCR mix HS (Евроген) аналитическая чувствительность тестов с праймерами и зондом RTIC-F/RTIC-R RTIC-Probe составляет 10^{-5} со 100%-й повторяемостью результатов. Чувствительность тестов с набором реагентов Genta Taq AB UDG (ГенТерра) является менее высокой и составляет 10^{-3} со 100%-й повторяемостью результатов (см. рис. 4).

По результатам проведенных экспериментов констатировано, что праймеры и зонд RTIC-F/RTIC-R/RTIC-Probe (Wang et al., 2016) характеризуются высокой специфичностью к целевому объекту – вирусу карликовости пшеницы (WDV). Установлено также, что эти праймеры и зонд, ввиду высокой инклюзивности и чувствительности

VorWD-8 (Voronezh Oblast), and AlWD-1 (Altai Krai), identified in 2024, as well as with the reference isolate WDV PV-0840 (DSMZ).

When testing the RTIC-F/RTIC-R/RTIC-Probe primers and probe in an experiment with the 2.5x Reaction Mix for real-time PCR in the presence of ROX (Synthol), a positive signal was observed for all target isolates at threshold cycles not exceeding $C_p=28,4$. In an experiment with the Genta Taq AB UDG reagent kit (GenTerra), a positive signal was absent for both target isolates from the Krasnodar Krai and one isolate from Voronezh Oblast. In the test with the qPCR mix HS reagent kit (Evrogen), three studied WDV isolates were also not detected (Fig. 2).

Subsequent experiments revealed that these primers and probe are highly specific to the target. In tests with the 2.5x RT-PCR Reaction Mix in the presence of ROX and Genta Taq AB UDG reagent kits, no non-specific reaction was observed between these primers and probe and all tested isolates of non-target viruses infecting grain crops and belonging to the genera *Bromovirus*, *Bymovirus*, *Furovirus*, *Hordeivirus*, *Luteovirus*, *Polerovirus* и *Tritimovirus*. In the test with the qPCR mix HS reagent kit, a non-specific signal at a high threshold cycle ($C_p=35,6$) was observed only for the isolate of barley dwarf virus (BYDV-PAV) (Fig. 3).

Using the reference isolate WDV PV-0840 (DSMZ) as an example, it was established that when using the 2.5x Reaction Mix for real-time PCR in the Presence of ROX (Synthol) and qPCR mix HS (Evrogen) reagent kits, the analytical sensitivity of tests with primers and the RTIC-F/RTIC-R RTIC-Probe probe is 10^{-5} with 100% repeatability of results. The sensitivity of tests with the Genta Taq AB UDG reagent kit (GenTerra) is lower and is 10^{-3} with 100% repeatability of results (Fig. 4).

а) 2,5x Реакционная смесь для ПЦР-РВ в присутствии ROX (Синтол)

a) 2.5x Real-time PCR Reaction Mixture in the presence of ROX (Synthol)

Номер лунки Hole number	Идентификатор пробирки Test tube identifier	Ср, Fam Cp, Fam	Результат Result
A1	KrWD-1	28,4	+
A2	KrWD-2	27,6	+
A3	VolWD-1	18,2	+
A4	VolWD-2	22,0	+
A5	VolWD-15	20,4	+
A6	VolWD-19	24,3	+
A7	VolWD-20	17,2	+
A8	VolWD-22	24,6	+
A9	VorWD-8	23,5	+
A10	AlWD-1	26,5	+
A11	K-		-
A12	K+_(WDV-PV-0840,_DSMZ)	13,4	+

б) Genta Taq AB UDГ (ГенТерра)

b) Genta Taq AB UDГ (GenTerra)

Номер лунки Hole number	Идентификатор пробирки Test tube identifier	Ср, Fam Cp, Fam	Результат Result
A1	KrWD-1		-
A2	KrWD-2		-
A3	VolWD-1	19.3	+
A4	VolWD-2	24.2	+
A5	VolWD-15		-
A6	VolWD-19	28.1	+
A7	VolWD-20	19,7	+
A8	VolWD-22	27.7	+
A9	VorWD-8	26.4	+
A10	AlWD-1	30.5	+
A11	K-		-
A12	K+_(WDV-PV-0840,_DSMZ)	13.5	+

в) qPCR mix HS (Евроген)

c) qPCR mix HS (Evrogen)

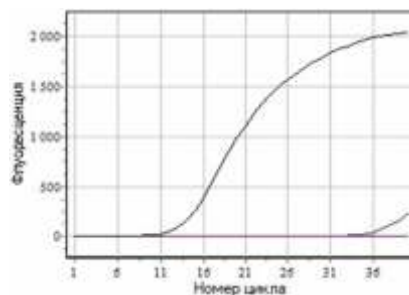
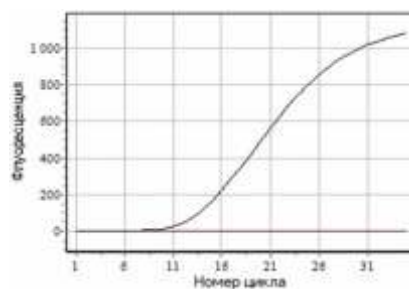
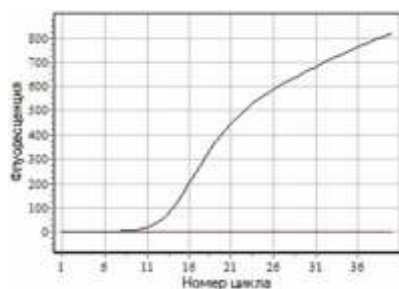
Номер лунки Hole number	Идентификатор пробирки Test tube identifier	Ср, Fam Cp, Fam	Результат Result
A1	KrWD-1		-
A2	KrWD-2	28.1	+
A3	VolWD-1		-
A4	VolWD-2	21.0	+
A5	VolWD-15		-
A6	VolWD-19	23.9	+
A7	VolWD-20	17.7	+
A8	VolWD-22	24.1	+
A9	VorWD-8	22.6	+
A10	AlWD-1	26.3	+
A11	K-		-
A12	K+_(WDV-PV-0840,_DSMZ)	12.5	+

Рис. 2. Выявление изолятов WDV методом ПЦР-РВ в тестах с праймерами и зондом RTIC-F/ RTIC-R/ RTIC-Probe (Wang et al., 2016) и тремя наборами реагентов для ПЦР-РВ

Fig. 2. Detection of WDV isolates by real-time PCR in tests with primers and probe RTIC-F/RTIC-R/RTIC-Probe (Wang et al., 2016) and three reagent kits for real-time PCR

Номер лунки Hole number	Идентификатор пробирки Test tube identifier	Ср, Fam Cp, Fam	Результат Result
B1	BMV_PV-0194		-
B2	BMV_PV-0178		-
B3	BSMV_PC-330		-
B4	BSMV_Loewe		-
B5	BYDV_MAV_Agdia		-
B6	BYDV_PAV_Agdia		-
B7	CYDV_RPV_Agdia		-
B8	BrSMV_PC-1052		-
B9	BaMMV_PC-0329		-
B10	BaYMV_Loewe		-
B11	WSMV_PC-356		-
B12	WSMV_Loewe		-
C1	WSMV_Agdia		-
C2	WSSMV_PC-0541		-
C3	SBCMV_PC-0552		-
C4	SBWMV_PC-748		-
C5	SBWMV_Agdias		-
C6	-K		-
C7	K+_WDV-0840,_DSMZ)	12,1	+

Номер лунки Hole number	Идентификатор пробирки Test tube identifier	Ср, Fam Cp, Fam	Результат Result
B1	BMV_PV-0194		-
B2	BMV_PV-0178		-
B3	BSMV_PC-330		-
B4	BSMV_Loewe		-
B5	BYDV_MAV_Agdia		-
B6	BYDV_PAV_Agdia		-
B7	CYDV_RPV_Agdia		-
B8	BrSMV_PC-1052		-
B9	BaMMV_PC-0329		-
B10	BaYMV_Loewe		-
B11	WSMV_PC-356		-
B12	WSMV_Loewe		-
C1	WSMV_Agdia		-
C2	WSSMV_PC-0541		-
C3	SBCMV_PC-0552		-
C4	SBWMV_PC-748		-
C5	SBWMV_Agdias		-
C6	-K		-
C7	K+_WDV-0840,_DSMZ)	12,0	+



Номер лунки Hole number	Идентификатор пробирки Test tube identifier	Ср, Fam Cp, Fam	Результат Result
B1	BMV_PV-0194		-
B2	BMV_PV-0178		-
B3	BSMV_PC-330		-
B4	BSMV_Loewe		-
B5	BYDV_MAV_Agdia		-
B6	BYDV_PAV_Agdia	35,6	+
B7	CYDV_RPV_Agdia		-
B8	BrSMV_PC-1052		-
B9	BaMMV_PC-0329		-
B10	BaYMV_Loewe		-
B11	WSMV_PC-356		-
B12	WSMV_Loewe		-
C1	WSMV_Agdia		-
C2	WSSMV_PC-0541		-
C3	SBCMV_PC-0552		-
C4	SBWMV_PC-748		-
C5	SBWMV_Agdias		-
C6	-K		-
C7	K+_WDV-0840,_DSMZ)	13,4	+

Рис. 3. Определение аналитической специфичности праймеров и зонда RTIC-F/ RTIC-R/ RTIC-Probe (Wang et al., 2016) в тестах с тремя наборами реагентов для ПЦР-РВ

Fig. 3. Analytical specificity of primers and probe RTIC-F/RTIC-R/RTIC-Probe (Wang et al., 2016) in tests with three reagent kits for real-time PCR

а) 2,5x Реакционная смесь для ПЦР-РВ в присутствии ROX (Синтол)

a) 2.5x Real-time PCR Reaction Mixture in the presence of ROX (Synthol)

Номер лунки Hole number	Идентификатор пробирки Test tube identifier	Ср, Fam Cp, Fam	Результат Result
A1	WDV_0840_конц.	13,3	+
A2	WDV_0840_конц.	13,1	+
A3	WDV_0840_конц.	13,7	+
A4	Разведение в 10 ⁻¹	17,1	+
A5	Разведение в 10 ⁻¹	16,8	+
A6	Разведение в 10 ⁻¹	16,9	+
A7	Разведение в 10 ⁻²	20,8	+
A8	Разведение в 10 ⁻²	20,9	+
A9	Разведение в 10 ⁻²	21,0	+
A10	Разведение в 10 ⁻³	24,9	+
A11	Разведение в 10 ⁻³	24,9	+
A12	Разведение в 10 ⁻³	24,9	+
B1	Разведение в 10 ⁻⁴	29,0	+
B2	Разведение в 10 ⁻⁴	28,7	+
B3	Разведение в 10 ⁻⁴	29,0	+
B4	Разведение в 10 ⁻⁵	32,4	+
B5	Разведение в 10 ⁻⁵	33,1	+
B6	Разведение в 10 ⁻⁵	33,0	+
B7	Разведение в 10 ⁻⁶		-
B8	Разведение в 10 ⁻⁶		-
B9	Разведение в 10 ⁻⁶		-
C1	К-		-

б) Genta Taq AB UDG (ГенТерра)

b) Genta Taq AB UDG (GenTerra)

Номер лунки Hole number	Идентификатор пробирки Test tube identifier	Ср, Fam Cp, Fam	Результат Result
D1	WDV_840_конц.	13,4	+
D2	WDV_840_конц.	13,4	+
D3	WDV_840_конц.	13,5	+
D4	Разведение в 10 ⁻¹	18,4	+
D5	Разведение в 10 ⁻¹	17,9	+
D6	Разведение в 10 ⁻¹	17,8	+
D7	Разведение в 10 ⁻²	23,4	+
D8	Разведение в 10 ⁻²	24,2	+
D9	Разведение в 10 ⁻²	23,3	+
D10	Разведение в 10 ⁻³	30,5	+
D11	Разведение в 10 ⁻³	30,5	+
D12	Разведение в 10 ⁻³		-
E1	Разведение в 10 ⁻⁴		-
E2	Разведение в 10 ⁻⁴		-
E3	Разведение в 10 ⁻⁴		-
E4	Разведение в 10 ⁻⁵		-
E5	Разведение в 10 ⁻⁵		-
E6	Разведение в 10 ⁻⁵		-
E7	Разведение в 10 ⁻⁶		-
E8	Разведение в 10 ⁻⁶		-
E9	Разведение в 10 ⁻⁶		-
F1	К-		-

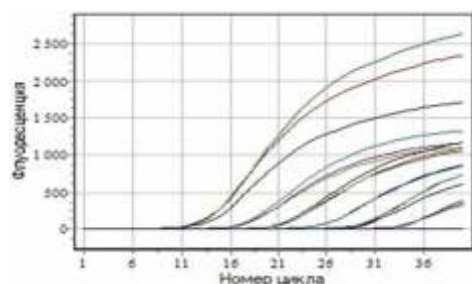


Рис. 4. Определение аналитической чувствительности тестов с праймерами и зондом RTIC-F/RTIC-R/RTIC-Probe (Wang et al., 2016) и тремя наборами реагентов для ПЦР-РВ

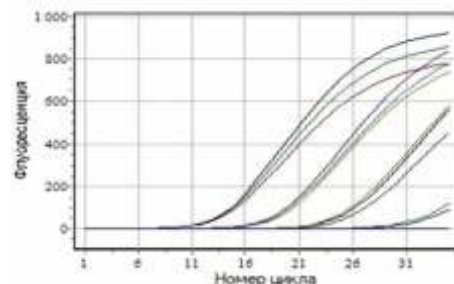


Fig. 4. Analytical sensitivity of tests with primers and probe RTIC-F/RTIC-R/RTIC-Probe (Wang et al., 2016) and three reagent kits for real-time PCR

тестов, наиболее целесообразно использовать с набором реагентов 2,5x Реакционная смесь для ПЦР-РВ в присутствии ROX (Синтол). Установлено, что праймеры и зонд RTIC-F/RTIC-R/RTIC-Probe (Wang et al., 2016) могут быть рекомендованы для проведения скрининговых тестов на наличие WDV в формате ПЦР в реальном времени.

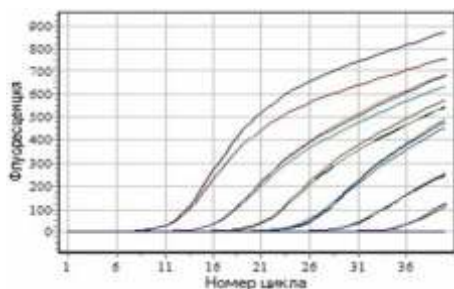
Испытание праймеров и зонда WDV-For/WDV-Rev/WDV-T (Hao et al., 2021) было проведено с четырьмя наборами для ПЦР-РВ отечественных фирм-производителей. Во всех четырех проведенных экспериментах наблюдалось эффективное выявление изолятов WDV KrWD-2, VolWD-1, VolWD-2, VolWD-15, VolWD-19, VolWD-20, VolWD-22 и VorWD-8 на невысоких пороговых циклах. Наблюдался также стабильный положительный

Based on the results of the experiments, it was established that the RTIC-F/RTIC-R/RTIC-Probe primers and probe (Wang et al., 2016) are characterized by high specificity to the target object – wheat dwarf virus (WDV). It was also established that these primers and probe, due to the high inclusiveness and sensitivity of the tests, are most appropriate to use with the 2.5x Reaction Mix for real-time PCR in the Presence of ROX (Synthol) reagent kit. It was established that the RTIC-F/RTIC-R/RTIC-Probe primers and probe (Wang et al., 2016) can be recommended for screening tests for the presence of WDV in the real-time PCR format.

в) qPCR mix HS (Евроген)

с) qPCR mix HS (Евроген)

Номер лунки Hole number	Идентификатор пробирки Test tube identifier	Ср, Fam Cp, Fam	Результат Result
D1	WDV_0840_конц.	11,8	+
D2	WDV_0840_конц.	11,7	+
D3	WDV_0840_конц.	11,9	+
D4	Разведение в 10 ⁻¹	16,0	+
D5	Разведение в 10 ⁻¹	15,7	+
D6	Разведение в 10 ⁻¹	15,7	+
D7	Разведение в 10 ⁻²	20,5	+
D8	Разведение в 10 ⁻²	20,5	+
D9	Разведение в 10 ⁻²	20,6	+
D10	Разведение в 10 ⁻³	24,2	+
D11	Разведение в 10 ⁻³	25,3	+
D12	Разведение в 10 ⁻³	24,4	+
E1	Разведение в 10 ⁻⁴	29,3	+
E2	Разведение в 10 ⁻⁴	29,6	+
E3	Разведение в 10 ⁻⁴	29,1	+
E4	Разведение в 10 ⁻⁵	34,0	+
E5	Разведение в 10 ⁻⁵	35,0	+
E6	Разведение в 10 ⁻⁵	34,8	+
E7	Разведение в 10 ⁻⁶		-
E8	Разведение в 10 ⁻⁶		-
E9	Разведение в 10 ⁻⁶		-
F1	K-		-



сигнал с референтным изолятом PV-0840 (DSMZ). Различия заключались в выявлении изолятов KrWD-1 и AlWD-1, характеризующихся низким титром в тестируемых образцах. Положительный сигнал для изолята KrWD-1 наблюдался в тестах с наборами реагентов Genta Taq AB UDG и 5x Genta qPCR мастер-микс (оба – ГенТерра), но отсутствовал в тестах с наборами реагентов 2,5x Реакционная смесь для ПЦР-РВ в присутствии ROX (Синтол) и qPCR mix HS (Евроген). Выявление изолята AlWD-1 было достигнуто лишь в тестах с наборами реагентов 2,5x Реакционная смесь для ПЦР-РВ в присутствии ROX и 5x Genta qPCR мастер-микс (результаты не показаны).

В тесте с данными праймерами и зондом и набором реагентов 2,5x Реакционная смесь для ПЦР-РВ в присутствии ROX целевой объект был диагностирован также в 11 других образцах из Краснодарского края с сероположительной реакцией к WDV (см. рис. 5).

The WDV-For/WDV-Rev/WDV-T primers and probe (Hao et al., 2021) were tested with four real-time PCR assays from domestic manufacturers. All four experiments demonstrated effective detection of WDV isolates KrWD-2, VolWD-1, VolWD-2, VolWD-15, VolWD-19, VolWD-20, VolWD-22, and VorWD-8 at low threshold cycles. A stable positive signal was also observed with the reference isolate PV-0840 (DSMZ). The differences were in the detection of KrWD-1 and AlWD-1 isolates, which were characterized by low titers in the tested samples. A positive signal for the KrWD-1 isolate was observed in tests with the Genta Taq AB UDG reagent kit and 5x Genta qPCR master mix (both GenTerra), but was absent in tests with the 2.5x Reaction Mix for real-time PCR in the presence of ROX (Synthol) and qPCR mix HS (Evrogen) reagent kits. Detection of the AlWD-1 isolate was achieved

Лунка Hole	Флуор. Fluor.	Проба Sample	Сq Cq
B01	FAM	KrWD- 24	15,80
B02	FAM	KrWD --37	16,43
B03	FAM	KrWD- -45	18,18
B04	FAM	KrWD – 54	37,49
B05	FAM	KrWD- -55	15,79
B06	FAM	KrWD- 57	18,19
B07	FAM	KrWD- 66/5	13,31
B08	FAM	KrWD- -68	10,93
B09	FAM	KrWD- 77	12,13
B10	FAM	KrWD- 2	25,08
B11	FAM	KrWD- 3	38,30
B12	FAM	-K	H/O

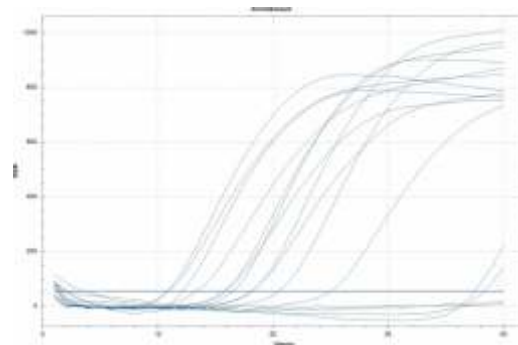
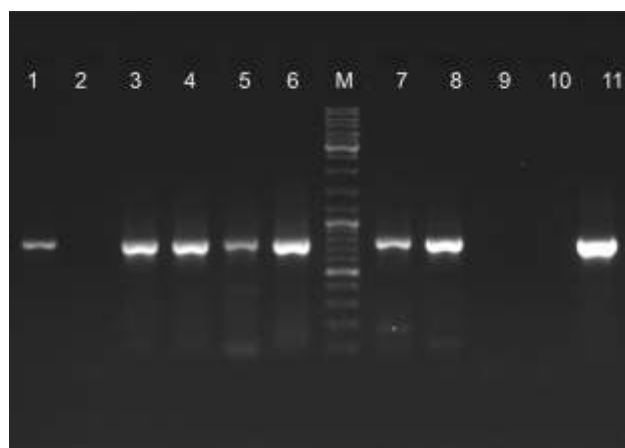


Рис. 5. Выявление WDV в образцах пшеницы из Краснодарского края методом ПЦР-РВ в тестах с праймерами и зондом WDV-For/WDV-Rev/WDV-T (Hao et al., 2021) и набором реагентов 2,5x Реакционная смесь для ПЦР-РВ в присутствии ROX (Синтол)

Fig. 5. Detection of WDV in wheat samples from Krasnodar Krai by real-time PCR in tests with primers and probe WDV-For/WDV-Rev/WDV-T (Hao et al., 2021) and a 2.5x reagent kit. Reaction mixture for real-time PCR in the presence of ROX (Synthol)



a) 5x Mas^{DB}MIX-2025

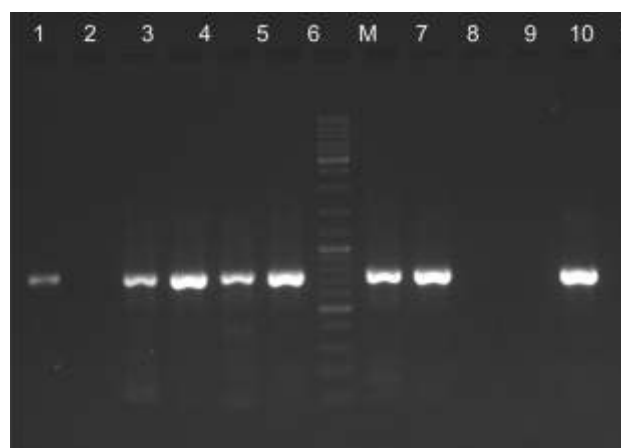
Рис. 6. Выявление вируса карликовости пшеницы (WDV) методом классической ПЦР с использованием праймеров WDV 40-F/WDV 806-R (Wu et al. 2008) и двух наборов реагентов

Аналитическую специфичность праймеров и зонда WDV-For/WDV-Rev/WDV-T определяли в экспериментах с четырьмя различными наборами реагентов для ПЦР-РВ. В тестах с наборами реагентов 2,5x Реакционная смесь для ПЦР-РВ в присутствии ROX (Синтол), qPCR mix HS (Евроген) и Genta Taq AB UDG (ГенТерра) было зарегистрировано наличие неспецифического положительного сигнала с изолятами нецелевых вирусов – BYDV-MAV, BYDV-PAV и CYDV-RPV, а в тестах с двумя последними наборами реагентов, кроме того, отмечен неспецифичный сигнал с изолятами нецелевых вирусов BSMV PC-0330 и SBCMV PC-0552 (оба-DSMZ). В то же время в тесте с набором реагентов 5x Genta qPCR мастер-микс (ГенТерра) неспецифичных сигналов с изолятами всех нецелевых вирусов не наблюдалось (результаты не показаны).

Изоляты BYDV-MAV, BYDV-PAV, BSMV, CYDV-RPV и SBCMV содержатся в лиофилизированных инфицированных листьях растений ячменя, тогда как изоляты всех других вирусов, анализируемых в экспериментах по оценке аналитической специфичности, содержатся в лиофилизированных листьях растений пшеницы. В связи с этим не исключена возможность, что праймеры и зонд WDV-For/ WDV-Rev/ WDV-T реагируют не с участками генома нецелевых вирусов, а с генами растений ячменя.

Было установлено также, что чувствительность теста с праймерами и зондом WDV-For/WDV-Rev/WDV-T является достаточно высокой. Выявление референтного изолята WDV PV-0840 (DSMZ) в эксперименте с набором реагентов 5x qPCR mix HS (Евроген) наблюдалось вплоть до разведения в 10^{-5} включительно со 100%-й повторяемостью результатов.

Таким образом, в отношении праймеров и зонда WDV-For/WDV-Rev/WDV-T (Hao et al., 2021) были получены неоднозначные результаты. Было установлено, что эти олигонуклеотиды позволяют диагностировать многочисленные российские изоляты WDV, но воспроизводимость выявления изолятов с низким титром в определенной степени зависит от используемого набора



b) 5x Genta PCR PRIZM

Fig. 6. Detection of wheat dwarf virus (WDV) by classical PCR using primers WDV 40-F/WDV 806-R (Wu et al. 2008) and two reagent kits

only in tests with the 2.5x Reaction Mix for RT-PCR in the presence of ROX and 5x Genta qPCR master mix reagent kits (results not shown).

In a test with these primers and probe and a 2.5x reagent kit, the real-time PCR reaction mixture in the presence of ROX, the target object was also diagnosed in 11 other samples from the Krasnodar Territory with a seropositive reaction to WDV (Fig. 5).

The analytical specificity of the WDV-For/WDV-Rev/WDV-T primers and probe was determined in experiments with four different RT-PCR reagent kits. In tests with the 2.5x real-time PCR reaction mixture in the presence of ROX (Synthol), qPCR mix HS (Evrogen), and Genta Taq AB UDG (GenTerra) reagent kits, a nonspecific positive signal was recorded with isolates of non-target viruses – BYDV-MAV, BYDV-PAV, and CYDV-RPV. In tests with the latter two reagent kits, a nonspecific signal was also noted with isolates of non-target viruses BSMV PC-0330 and SBCMV PC-0552 (both DSMZ). At the same time, in the test with the 5x Genta qPCR master mix reagent kit (GenTerra), no non-specific signals were observed with isolates of all non-target viruses (results not shown).

Isolates of BYDV-MAV, BYDV-PAV, BSMV, CYDV-RPV, and SBCMV were found in lyophilized infected barley leaves, while isolates of all other viruses analyzed in the assay specificity experiments were found in lyophilized wheat leaves. Therefore, it cannot be ruled out that the WDV-For/WDV-Rev/WDV-T primers and probe react not with regions of the non-target virus genome, but with barley plant genes.

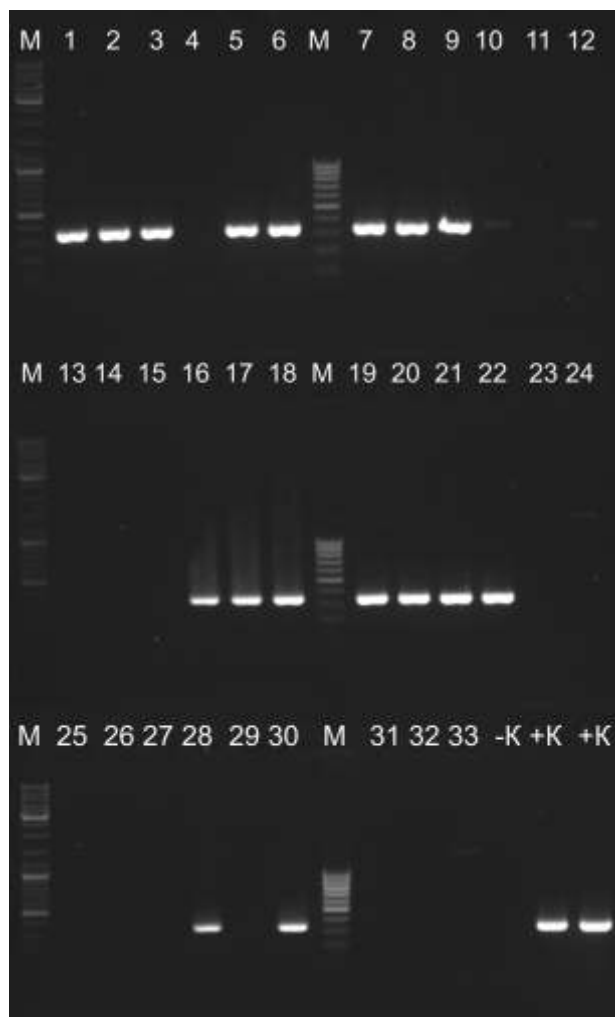
The sensitivity of the WDV-For/WDV-Rev/WDV-T primer-probe assay was also found to be quite high. Detection of the reference isolate WDV PV-0840 (DSMZ) in an experiment using the 5x qPCR mix HS reagent kit (Evrogen) was observed up to a dilution of 10^{-5} , with 100% repeatability.

Thus, inconclusive results were obtained with the WDV-For/WDV-Rev/WDV-T primers and probe (Hao et al., 2021). These oligonucleotides were found to be



а) Праймеры WDV-WFb/ WDV-WRb (гены CP+SIR штаммов WDV-B и WDV-W, 939 п.о.)

Рис. 7. Выявление WDV методом классической ПЦП с использованием праймеров WDV-WFb/WDV-WRb, WDV-1F/WDV-WRb, WDV-WFb/WDV-4R (I.Abt et al., 2020) и набора реагентов 5x Mas^{DD}TaqMIX-2025 (Диалат)



б) Праймеры WDV-1F/ WDV-WRb (ген Rep штамма WDV-W, 346 п.о.)

Fig. 7. Detection of WDV by classical PCR using primers WDV-WFb/WDV-WRb, WDV-1F/WDV-WRb, WDV-WFb/WDV-4R (I.Abt et al., 2020) and the 5x Mas^{DD}TaqMIX-2025 reagent kit (Dialat)

реагентов для ПЦП-РВ. Чувствительность теста с этими праймерами и зондом является высокой. Однако в экспериментах по определению аналитической специфичности было установлено наличие неспецифичной реакции данных олигонуклеотидов с изолятами нецелевых вирусов зерновых культур, содержащихся в лиофилизированных листьях растений ячменя.

Отработку диагностики WDV методом классической ПЦП проводили с семью парами праймеров, специфичных к различным участкам генома целевого объекта.

Была проведена серия экспериментов с праймерами WDV 40-F/WDV 806-R (Wu et al., 2008), позволяющими амплифицировать полную последовательность олигонуклеотидов гена транспортного белка и прилегающий 5'-концевой участок гена белка оболочки геномной ДНК WDV. В эксперименте с двумя наборами реагентов отечественных фирм-производителей было установлено, что эти праймеры позволяют диагностировать изоляты WDV различного географического происхождения с высокой воспроизводимостью результатов (см. рис. 6).

capable of detecting numerous Russian WDV isolates, but the reproducibility of detecting low-titer isolates was somewhat dependent on the real-time PCR reagent kit used. The sensitivity of the test with these primers and probe was high. However, experiments to determine analytical specificity revealed a nonspecific reaction of these oligonucleotides with isolates of non-target cereal viruses contained in lyophilized barley plant leaves.

The diagnostics of WDV using the classical PCR method was carried out with seven pairs of primers specific to different regions of the target genome.

A series of experiments were conducted with WDV 40-F/WDV 806-R primers (Wu et al., 2008), which allow amplification of the complete oligonucleotide sequence of the transport protein gene and the adjacent 5-terminal region of the coat protein gene of WDV genomic DNA. An experiment

Образцы: 1 – изолят KrWD-1; 2 – здоровое растение пшеницы; 3 – изолят VolWD-1; 4 – изолят VolWD-2; 5 – изолят VolWD-15; 6 – изолят VolWD-19; 7 – изолят VolWD-20; 8 – изолят VolWD-22; 9 – здоровое растение пшеницы; 10 – отрицательный контроль (вода); 11 – изолят WDV PV-0840 DSMZ. Специфичный продукт – 746 п.о.

Секвенирование полученных продуктов амплификации позволило установить, что изолят KrWD-1 относится к штамму WDV-B, а прочие изучаемые изоляты – к штамму WDV-W.

В эксперименте с данными праймерами и набором реагентов 5x Mas^{DD}TaqMIX-2025 (Диалат) было установлено, что выявление целевого объекта возможно вплоть до разведения в 10⁻⁶ включительно со 100%-й повторяемостью (результаты не показаны).

Определение аналитической специфичности праймеров WDV 40-F/WDV 806-R проводили в экспериментах с двумя наборами реагентов для ПЦР. В обоих экспериментах наблюдалась неспецифичная реакция изучаемых праймеров с изолятами бромовируса мозаики ковра (BMV) и тритимовируса штриховатой мозаики ковра (BrSMV). Продукты амплификации этих образцов были подвергнуты секвенированию. Продукт амплификации образца BrSMV PC-1052 на 66,93-68,09% соответствовал участку гена цитокинин оксидазы/дегидрогеназы растений ячменя. Анализ продукта амплификации образца BMV PV-0194 не выявил наличие значимой идентичности с участком генома какого-либо организма. Таким образом, было установлено, что праймеры WDV 40-F/WDV 806-R не взаимодействуют с геномом нецелевых вирусов BMV и BrSMV, но могут реагировать с участком генома ячменя, вследствие чего данные олигонуклеотиды целесообразно использовать лишь для тестирования растений пшеницы.

В последующем было проведено испытание трех разработанных во Франции пар праймеров, позволяющих выявлять и дифференцировать изоляты штаммов WDV-B и WDV-W. Согласно спецификации авторов-разработчиков, праймеры WDV-1F/WDV-WRb амплифицируют участок гена Rep изолятов штамма WDV-W, праймеры WDV-WFb/WDV-4R – участок гена белка оболочки (CP) изолятов штамма WDV-B, тогда как комбинация праймеров WDV-WFb/WDV-WRb позволяет амплифицировать участок гена CP и прилегающий межгенный участок (SIR) изолятов обоих штаммов (Abt et al., 2020).

Проведенные эксперименты подтвердили спецификацию этих праймеров. Праймеры WDV-WFb/WDV-WRb реагировали с изолятом KrWD-1, относящимся к штамму WDV-B, и с 19 изолятами штамма WDV-W. Праймеры WDV-1F/WDV-WRb избирательно реагировали с изолятами штамма WDV-W (см. рис. 7). Праймеры WDV-WFb/WDV-4R реагировали лишь с изолятом KrWD-1 штамма WDV-B (результаты не показаны). Соответствие полученных продуктов амплификации заявленным участкам генома штаммов WDV-B и WDV-W было подтверждено секвенированием.

Образцы: 1 – изолят KrWD-24; 2 – изолят KrWD-37; 3 – изолят KrWD-45; 5 – изолят KrWD-55; 6 – изолят KrWD-57; 7 – изолят KrWD-66/5;

with two sets of reagents from domestic manufacturers showed that these primers allow the diagnosis of WDV isolates of different geographic origins with high reproducibility of results (Fig. 6).

Samples: 1 – Isolate KrWD-1; 2 – healthy wheat plant; 3 – isolate VolWD-1; 4 – isolate VolWD-2; 5 – isolate VolWD-15; 6 – isolate VolWD-19; 7 – isolate VolWD-20; 8 – isolate VolWD-22; 9 – healthy wheat plant; 10 – negative control (water); 11 – isolate WDV PV-0840 DSMZ. Specific product – 746 b.p.

Sequencing of the obtained amplification products made it possible to establish that the KrWD-1 isolate belongs to the WDV-B strain, and the other studied isolates belong to the WDV-W strain.

In an experiment with these primers and the 5x Mas^{DD}TaqMIX-2025 reagent kit (Dialat), it was found that detection of the target object was possible up to a dilution of 10⁻⁶ inclusive with 100% repeatability (results not shown).

The analytical specificity of the WDV 40-F/WDV 806-R primers was determined in experiments with two PCR reagent kits. In both experiments, a nonspecific reaction of the studied primers with BMV and BrSMV isolates was observed. The amplification products of these samples were sequenced. The amplification product of BrSMV PC-1052 matched 66.93-68.09% of the barley cytokinin oxidase/dehydrogenase gene region. Analysis of the amplification product of BMV PV-0194 did not reveal significant identity with the genome region of any organism. Thus, it was established that the WDV 40-F/WDV 806-R primers do not interact with the genome of non-target viruses BMV and BrSMV, but can react with a region of the barley genome, as a result of which these oligonucleotides should be used only for testing wheat plants.

Subsequently, three pairs of primers developed in France were tested to detect and differentiate isolates of the WDV-B and WDV-W strains. According to the specifications of the developers, the WDV-1F/WDV-WRb primers amplify the Rep gene region of WDV-W isolates, the WDV-WFb/WDV-4R primers amplify the coat protein (CP) gene region of WDV-B isolates, while the WDV-WFb/WDV-WRb primer combination amplifies the CP gene region and the adjacent intergenic region (SIR) of isolates of both strains (Abt et al., 2020).

The experiments confirmed the specification of these primers. Primers WDV-WFb/WDV-WRb reacted with the KrWD-1 isolate, belonging to the WDV-B strain, and with 19 isolates of the WDV-W strain. Primers WDV-1F/WDV-WRb reacted selectively with isolates of the WDV-W strain (Fig. 7). Primers WDV-WFb/WDV-4R reacted only with the KrWD-1 isolate of the WDV-B strain (results not shown). The correspondence of the obtained amplification products to the declared regions of the WDV-B and WDV-W genomes was confirmed by sequencing.

Samples: 1 – isolate KrWD-24; 2 – isolate KrWD-37; 3 – isolate KrWD-45; 5 – isolate KrWD-55; 6 – isolate KrWD-57; 7 – isolate KrWD-66/5; 8 – KrWD-68; 9 – isolate KrWD-77; 16 – isolate VolWD-1; 17 – isolate

8 – KrWD-68; 9 – изолят KrWD-77; 16 – изолят VolWD-1; 17 – изолят VolWD-2; 18 – изолят VolWD-15; 19 – изолят VolWD-19; 20 – изолят VolWD-20; 21 – изолят VolWD-22; 22 – изолят VorWD-8; 27 – изолят KrWD-1; 28 – KrWD-2; 30 – изолят AlWD-1; 4, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 23, 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33 – здоровые растения пшеницы, кукурузы, тритикале и ячменя; -K (вода); +K (изолят WDV PV-0840 DSMZ); +K (изолят WDV +K Loewe)

В последующих экспериментах было установлено, что праймеры WDV-1F/WDV-WRb и WDV-WFb/WDV-WRb характеризуются очень высокой специфичностью к целевому объекту. Не наблюдалось неспецифичной реакции этих праймеров с изолятами 12 нецелевых вирусов, которые заражают зерновые культуры и могут встречаться в смешанной инфекции с WDV. Установлено также, что при использовании набора реагентов 5x Genta PCR PRIZM (ГенТерра) праймеры WDV-1F/WDV-WRb позволяют диагностировать целевой объект (изолят WDV PV-0840 DSMZ) вплоть до разведения в 10^{-5} включительно со 100%-й повторяемостью результатов. Чувствительность тестов с праймерами WDV-WFb/WDV-WRb является несколько менее высокой и составляет 10^{-4} , что, вероятно, обусловлено очень большой величиной продукта, амплифицируемого этими праймерами.

Разработанные в Китае праймеры WDV-F/WDV-R (Zhang et al., 2017) позволяют амплифицировать практически полную последовательность нуклеотидов гена белка оболочки целевого объекта за исключением 14 5'-концевых нуклеотидов и 11 3'-концевых нуклеотидов. По результатам испытаний было установлено, что эти праймеры характеризуются 100%-й специфичностью к целевому объекту и позволяют диагностировать все выявленные изоляты штаммов WDV-B и WDV-W с чувствительностью до 10^{-5} включительно со 100%-й повторяемостью результатов. Данные праймеры наиболее целесообразно использовать с набором реагентов 5x Genta PCR PRIZM фирмы ГенТерра.

Проведено также испытание праймеров WDV-H-F/WDV-H-R и WDV-T-F/WDV-T-R (Trzmiel, Klejdysz, 2018), разработанных, соответственно, к межгенному участку (SIR) изолятов штамма WDV-B и участку гена RepA у изолятов штамма WDV-W. По результатам проведенных экспериментов констатировано, что праймеры WDV-T-F/WDV-T-R могут быть рекомендованы для проведения дополнительных подтверждающих тестов на наличие WDV с целью изучения генетических особенностей у выявляемых изолятов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволили разработать методические рекомендации по выявлению и идентификации вируса карликовости пшеницы (WDV), в которых для проведения отборочных (скрининговых) тестов рекомендуется использовать один из следующих тестов: метод ИФА с тест-системой к WDV фирмы Loewe (Германия) или метод ПЦР в реальном времени с праймерами и зондом RTIC-F/RTIC-R/RTIC-Probe (Wang et al., 2016). Для проведения подтверждающих тестов на наличие WDV рекомендуется использовать

VolWD-2; 18 – isolate VolWD-15; 19 – isolate VolWD-19; 20 – isolate VolWD-20; 21 – isolate VolWD-22; 22 – isolate VorWD-8; 27 – isolate KrWD-1; 28 – KrWD-2; 30 – isolate AlWD-1; 4, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 23, 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33 – healthy plants of wheat, corn, triticale and barley; -K (water); +K (isolate WDV PV-0840 DSMZ); +K (isolate WDV +K Loewe)

Subsequent experiments revealed that the WDV-1F/WDV-WRb and WDV-WFb/WDV-WRb primers exhibited very high target specificity. No nonspecific reaction was observed between these primers and isolates of 12 non-target viruses that infect grain crops and can occur in mixed infections with WDV. It was also found that, when used with the Genta PCR PRIZM 5x reagent kit (GenTerra), the WDV-1F/WDV-WRb primers enabled detection of the target isolate (WDV isolate PV-0840 DSMZ) down to a dilution of 10^{-5} with 100% repeatability. The sensitivity of tests with WDV-WFb/WDV-WRb primers is somewhat less high and amounts to 10^{-4} , which is probably due to the very large size of the product amplified by these primers.

The WDV-F/WDV-R primers developed in China (Zhang et al., 2017) amplify almost the entire nucleotide sequence of the target virus coat protein gene, excluding 14 5-terminal nucleotides and 11 3-terminal nucleotides. Testing showed that these primers are 100% specific for the target virus and enable the diagnosis of all identified isolates of WDV-B and WDV-W strains with a sensitivity of up to 10^{-5} and 100% repeatability. These primers are best used with the GenTerra 5x Genta PCR PRIZM reagent kit.

The WDV-H-F/WDV-H-R and WDV-T-F/WDV-T-R primers (Trzmiel, Klejdysz, 2018), developed respectively for the intergenic region (SIR) of WDV-B isolates and the RepA gene region in WDV-W isolates, were also tested. Based on the results of the experiments, it was concluded that the WDV-T-F/WDV-T-R primers can be recommended for additional confirmatory tests for the presence of WDV in order to study the genetic characteristics of the detected isolates.

CONCLUSION

The conducted studies allowed the development of methodological recommendations for the detection and identification of wheat dwarf virus (WDV), which recommend using one of the following tests for screening tests: the ELISA method with the Loewe (Germany) WDV test system, or the real-time PCR method with primers and probe RTIC-F/RTIC-R/RTIC-Probe (Wang et al., 2016). For confirmatory tests for the presence of WDV, it is recommended to use the classical PCR method with WDV-WFb/WDV-WRb primers (Abt et al., 2020) or WDV-F/WDV-R primers (Zhang et al., 2017), developed for the target object coat protein gene. To conduct additional confirmatory tests and study the genetic characteristics of the identified isolates, it is advisable to use the primers WDV-T-F/WDV-T-R (Trzmiel, T.Klejdysz, 2018), WDV-1F/WDV-WRb (Abt et al., 2020) and WDV-40F/WDV-806R (Wu et al., 2008), complementary to the regions of the RepA, Rep genes and the transport protein of the WDV genomic DNA, respectively.

метод классической ПЦР с праймерами WDV-WFb/WDV-WRb (Abt et al., 2020) или праймерами WDV-F/WDV-R (Zhang et al., 2017), разработанными к гену белка оболочки целевого объекта. Для проведения дополнительных подтверждающих тестов и изучения генетических особенностей у выявленных изолятов целесообразно использовать праймеры WDV-T-F/WDV-T-R (Trzmiel, T.Klejdysz, 2018), WDV-1F/WDV-WRb (Abt et al., 2020) и WDV-40F/WDV-806R (Wu et al., 2008), комплементарные соответственно участкам генов RepA, Rep и транспортного белка геномной ДНК WDV.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания (Рег. № НИОКТР 123022100120-4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бей-Биенко Т.Я. Насекомые и клещи – вредители сельскохозяйственных культур. Том 1. Насекомые с неполным превращением // Л.: Наука. – 1972. – 214 с.
2. Живаева Т.С., Приходько Ю.Н., Лозовая Е.Н., Шнейдер Ю.А., Башкирова И.Г., Каримова Е.В. Разработка и валидация методов диагностики вируса полосатой мозаики пшеницы (WSMV). Фитосанитария. Карантин растений. 2025. № 2 (23). С. 62–77. DOI: 10.69536/FKR.2025.52.35.004
3. Кулакова Ю.Ю., Орлова Ю.В., Омеляненко Т.З., Комаров Д.А., Кулаков В.Г. Горчак ползучий: история расселения вида в Крыму и Поволжье // Фитосанитария. Карантин растений. – 2022. – № 4 (12). – С. 2–15. – DOI 10.69536/n8968-0127-4785-m.
4. Орлов В.Н. Вредители зерновых колосовых культур // М.: Печатный Город. – 2006. – 104 с.
5. Приходько Ю.Н., Живаева Т.С., Лозовая Е.Н., Селявкин С.Н., Шнейдер Ю.А., Пручкина М.А., Каримова Е.В. Серомониторинг вирусов пшеницы (2021-2023 гг.) Фитосанитария. Карантин растений. 2024. № S2-1 (18). С. 44.
6. Хорина Н.А., Лопаткин А.А., Живаева Т.С., Приходько Ю.Н., Шнейдер Ю.А. Вирус штриховатой мозаики ячменя – опасный патоген, влияющий на экспортный потенциал Российской Федерации Фитосанитария. Карантин растений. 2023. № 1 (13). С. 32-46. DOI: 10.69536/x7079-1718-0013-z
7. Abt I., Souquet M., Gersende Angot G., Romain Mabon R., Dallot S., Gaël Thébaud G., Jacquot E. Functional transcomplementation between Wheat dwarf virus strains in wheat and barley// Viruses. – 2020, 12, 34. – <http://dx.doi.org/10.3390/v12010034>.
8. Brunt A.A., Crabtree K., Dallwitz M.J., Gibbs A.J., Watson L. Zurcher E.J. (eds.) Wheat dwarf monogeminivirus// Plant Viruses Online: Descriptions and Lists from the VIDE Database. Version: 20th August 1996. – URL <http://biology.anu.edu.au/Groups/MES/vide/>.
9. CABI, 2025. Wheat dwarf virus// CABI Crop Protection Compendium. – <https://doi.org/10.1079/cabicompendium>.
10. Hao Y., Wang Y., Chen Z., Bland D., Li S., Brown-Guedira G., et al. A conserved locus conditioning Soil-borne wheat mosaic virus resistance on the long arm of chromosome 5D in common wheat// Mol. Breed. – 2012. – Vol.30. – P. 1453–1464.
11. Hall T.A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis

The research was carried out within the framework of the State assignment (Reg. No. NIOKTR 123022100120-4).

REFERENCES

1. Bey-Bienko T. Ya. Insects and mites – pests of agricultural crops [Nasekomye i kleshchi – vrediteli selskokhozyaystvennykh kultur]. Volume 1. Insects with incomplete metamorphosis// L.: Science. – 1972. – 214 p. (In Russ.)
2. Zhivaeva T.S., Prikhodko Yu.N., Lozovaya E.N., Shneyder Yu.A., Bashkirova I.G., Karimova E.V. Development and validation of methods for diagnosing wheat streak mosaic virus (WSMV). Plant Health and Quarantine. 2025; 2 (23): 62 - 77. DOI: 10.69536/FKR.2025.52.35.004
3. Kulakova Yu.Yu., Orlova Yu.V., Omelyanenko T.Z., Komarov D.A., Kulakov V.G. Acroptilon repens (L.) DC.: the history of the species spreading in the Crimea and the Volga region// Plant Health and Quarantine. 2022; 4 (12): 2-15. – DOI 10.69536/n8968-0127-4785-m.
4. Orlov V.N. Pests of cereal crops [Vrediteli zernovykh kolosovykh kultur] // M.: Pechatny Gorod. 2006. 104 p. (In Russ.)
5. Prikhodko Yu.N., Zhivaeva T.S., Lozovaya E.N., Selyavkin S.N., Shneyder Yu.A., Pruchkina M.A., Karimova E.V. Seromonitoring of wheat viruses (2021-2023) Plant Health and Quarantine. 2024; S2-1 (18): 44.
6. Khorina N.A., Lopatkin A.A., Zhivaeva T.S., Prikhodko Yu.N., Schneider Yu.A. Barley stripe mosaic virus – a serious pathogen affecting the export potential of the Russian Federation. Plant Health and Quarantine. 2023; 1 (13): 32-46. DOI: 10.69536/x7079-1718-0013-z
7. Abt I., Souquet M., Gersende Angot G., Romain Mabon R., Dallot S., Gaël Thébaud G., Jacquot E. Functional transcomplementation between Wheat dwarf virus strains in wheat and barley// Viruses. – 2020, 12, 34. – <http://dx.doi.org/10.3390/v12010034>.
8. Brunt A.A., Crabtree K., Dallwitz M.J., Gibbs A.J., Watson L. Zurcher E.J. (eds.) Wheat dwarf monogeminivirus// Plant Viruses Online: Descriptions and Lists from the VIDE Database. Version: 20th August 1996. – URL <http://biology.anu.edu.au/Groups/MES/vide/>.
9. CABI, 2025. Wheat dwarf virus// CABI Crop Protection Compendium. – <https://doi.org/10.1079/cabicompendium>.
10. Hao Y., Wang Y., Chen Z., Bland D., Li S., Brown-Guedira G., et al. A conserved locus conditioning Soil-borne wheat mosaic virus resistance on the long arm of chromosome 5D in common wheat// Mol. Breed. – 2012. – Vol.30. – P. 1453–1464.
11. 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.
12. Kundu J., Gadiou S., Červená G. Discrimination and genetic diversity of Wheat dwarf virus in the Czech Republic// Virus genes. – 2009. – Vol.38. – P. 468–474.

program for Windows 95/98/NT. Nucl. Acids. Symp. Ser.41:95–98.

12. Kundu J., Gadiou S., Červená G. Discrimination and genetic diversity of Wheat dwarf virus in the Czech Republic// *Virus genes.* – 2009. – Vol.38. – P. 468–474.

13. Lemmetty A., Huusela-Veistola E. First report of Wheat dwarf virus in winter wheat in Finland// *Plant Disease.* – 2005. – Vol.89. – P. 912–912.

14. Lindblad M., Waern P. Correlation of wheat dwarf incidence to winter wheat cultivation practices// *Agriculture, Ecosystems & Environment.* – 2002. – Vol.92. – P.115–122.

15. Manurung B., Witsack W., Mehner S., Grüntzig M., Fuchs E. The epidemiology of Wheat dwarf virus in relation to occurrence of the leafhopper *Psammotettix alienus* in Middle-Germany// *Virus Research.* – 2004. – Vol.100. – P.109–113.

16. Mishchenko L., Dunich A., Mishchenko I., Dashchenko A., Boyko O., Skufinskyi O., Kyrychenko A., Kozub N., Mukha T. Wheat dwarf virus and its impact on the 2020 harvest in some regions of Ukraine// *Karantin i zahist roslin.* – 2021. – №1 (264). – С.3–9.

17. Mishchenko L.T., Dunich A.A., Mishchenko I.A., Dashchenko A.V., Kozub N.O., Kyslykh T.M., Molodchenkova O.O. Wheat dwarf virus in Ukraine: occurrence, molecular characterization and impact on the yield// *Journal of Plant Diseases and Protection.* – 2022. – Vol.129 (1). – P.107–116.

18. Nygren J.N., Shad N., Kvarnheden A., Westerbergh A. Variation in susceptibility to Wheat dwarf virus among wild and domesticated wheat// *PLoS One.* – 2014. – 10, e0121580-e0121580.

19. Pfrieme A.-K., Will T., Pillen K., Stahi A. The past, present, and future of Wheat dwarf virus management-A review// *Plants.* 2023, 12(20), 3633; <https://doi.org/10.3390/plants12203633>.

20. Širlová L., Vacke J., Chaloupkova M. Reaction of selected winter wheat varieties to autumnal infection with Wheat dwarf virus// *Plant Protection Science.* – 2005. – Vol.41. – P.1-7.

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

22. Tobias I., Shevchenko O., Kiss B., Bysov A., Snihur H., Polischuk V., Salanki K., Palkovics L. Comparison of the nucleotide sequences of Wheat dwarf virus (WDV) isolates from Hungary and Ukraine// *Polish Soc Microbiologists.* – 2011. – Vol.60. – P.125–131.

23. Trzmiel K., Klejdysz T. Detection of barley- and wheat-specific forms of Wheat dwarf virus in its vector *Psammotettix alienus* by duplex PCR assay// *Journal of Plant Protection Research.* – 2018. – Vol.58 (1). – P.54–57.

24. Wang L., Liu Y., Wang X.-F. Detection of Wheat dwarf virus by TaqMan LNA probe real-time PCR// *Acta Phytopathologica Sinica.* – 2016. – Vol. 46 (3). – P. 313–319.

25. Wei S., Liu L., Chen G., Yang H., Huang L., Gong G., Luo P., Zhang M. Molecular evolution and phylogeographic analysis of Wheat dwarf virus// *Front. Microbiology.* – 2024. – 15:1314526/ doi: 10.3389/fmicb.2024.1314526.

26. Wu B., Melcher U., Guo X., Wang X., Fan L., Zhou G. Assessment of codivergence of Mastreviruses with their plant hosts// *BMC Evolutionary Biology.* – 2008, 8, 335.

13. Lemmetty A., Huusela-Veistola E. First report of Wheat dwarf virus in winter wheat in Finland// *Plant Disease.* – 2005. – Vol.89. – P. 912–912.

14. Lindblad M., Waern P. Correlation of wheat dwarf incidence to winter wheat cultivation practices// *Agriculture, Ecosystems & Environment.* – 2002. – Vol.92. – P.115–122.

15. Manurung B., Witsack W., Mehner S., Grüntzig M., Fuchs E. The epidemiology of Wheat dwarf virus in relation to occurrence of the leafhopper *Psammotettix alienus* in Middle-Germany// *Virus Research.* – 2004. – Vol.100. – P.109–113.

16. Mishchenko L., Dunich A., Mishchenko I., Dashchenko A., Boyko O., Skufinskyi O., Kyrychenko A., Kozub N., Mukha T. Wheat dwarf virus and its impact on the 2020 harvest in some regions of Ukraine// *Karantin i zahist roslin.* – 2021. – №1 (264). – С.3-9.

17. Mishchenko L.T., Dunich A.A., Mishchenko I.A., Dashchenko A.V., Kozub N.O., Kyslykh T.M., Molodchenkova O.O. Wheat dwarf virus in Ukraine: occurrence, molecular characterization and impact on the yield// *Journal of Plant Diseases and Protection.* – 2022. – Vol.129 (1). – P.107–116.

18. Nygren J.N., Shad N., Kvarnheden A., Westerbergh A. Variation in susceptibility to Wheat dwarf virus among wild and domesticated wheat// *PLoS One.* – 2014. – 10, e0121580-e0121580.

19. Pfrieme A.-K., Will T., Pillen K., Stahi A. The past, present, and future of Wheat dwarf virus management-A review// *Plants.* 2023, 12(20), 3633; <https://doi.org/10.3390/plants12203633>.

20. Širlová L., Vacke J., Chaloupkova M. Reaction of selected winter wheat varieties to autumnal infection with Wheat dwarf virus// *Plant Protection Science.* – 2005. – Vol.41. – P.1–7.

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

22. Tobias I., Shevchenko O., Kiss B., Bysov A., Snihur H., Polischuk V., Salanki K., Palkovics L. Comparison of the nucleotide sequences of Wheat dwarf virus (WDV) isolates from Hungary and Ukraine// *Polish Soc Microbiologists.* – 2011. – Vol.60. – P.125–131.

23. Trzmiel K., Klejdysz T. Detection of barley- and wheat-specific forms of Wheat dwarf virus in its vector *Psammotettix alienus* by duplex PCR assay// *Journal of Plant Protection Research.* – 2018. – Vol.58 (1). – P. 54–57.

24. Wang L., Liu Y., Wang X.-F. Detection of Wheat dwarf virus by TaqMan LNA probe real-time PCR// *Acta Phytopathologica Sinica.* – 2016. – Vol. 46 (3). – P. 313–319.

25. Wei S., Liu L., Chen G., Yang H., Huang L., Gong G., Luo P., Zhang M. Molecular evolution and phylogeographic analysis of Wheat dwarf virus// *Front. Microbiology.* – 2024. – 15:1314526/ doi: 10.3389/fmicb.2024.1314526.

26. Wu B., Melcher U., Guo X., Wang X., Fan L., Zhou G. Assessment of codivergence of Mastreviruses

27. Zhang P., Liu Y., Liu W., Massart S., Wang X. Simultaneous detection of Wheat dwarf virus, Northern cereal mosaic virus, Barley yellow striate mosaic virus and Rice black-streaked dwarf virus in wheat by multiplex RT-PCR// Journal of Virological Methods. – 2017. – Vol. 249. – P.170–174.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Лозовая Евгения Николаевна, научный сотрудник отдела аспирантуры ФГБУ «ВНИИКР», пгт Быково, м. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150;

ORCID: 0000-0001-8612-5127,

e-mail: evgeniyaf@mail.ru

Живаева Татьяна Степановна, научный сотрудник научно-методического отдела вирусологии ФГБУ «ВНИИКР», пгт Быково, м. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150;

ORCID: 0009-0008-8312-2666,

e-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru

Приходько Юрий Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник научно-методического отдела вирусологии ФГБУ «ВНИИКР, пгт Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия;

ORCID: 0009-0004-9176-407X,

e-mail: prihodko_yuri59@mail.ru

Башкирова Ида Геннадьевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник научно-методического отдела вирусологии ФГБУ «ВНИИКР», пгт Быково, м. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150;

ORCID: 0000-0001-9014-4179,

e-mail: bashkirovaaid@mail.ru

Емельянова Анастасия Александровна, младший научный сотрудник научно-методического отдела вирусологии ФГБУ «ВНИИКР», пгт Быково, м. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150;

e-mail: 6ibsh505505@gmail.com.

Шнейдер Юрий Андреевич, кандидат биологических наук, начальник научно-методического отдела вирусологии, ведущий научный сотрудник ФГБУ «ВНИИКР», пгт Быково, м. о. Раменский, Московская обл., Россия, 140150; доцент кафедры защиты растений ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»;

ORCID 0000-0002-7565-1241,

e-mail: yury.shneyder@mail.ru.

with their plant hosts// BMC Evolutionary Biology. – 2008, 8, 335.

27. Zhang P., Liu Y., Liu W., Massart S., Wang X. Simultaneous detection of Wheat dwarf virus, Northern cereal mosaic virus, Barley yellow striate mosaic virus and Rice black-streaked dwarf virus in wheat by multiplex RT-PCR// Journal of Virological Methods. – 2017. – Vol. 249. – P.170–174.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Evgenia Lozovaya, Researcher, Postgraduate Department, FGBU "VNIIKR", Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150;

ORCID: 0000-0001-8612-5127,

e-mail: evgeniyaf@mail.ru

Tatiana Zhivaeva, Researcher, Research and Methodology Department of Virology, FGBU "VNIIKR", Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150;

ORCID: 0009-0008-8312-2666,

e-mail: zhivaeva.vniikr@mail.ru

Yuri Prihodko, PhD in Agriculture, Leading Researcher, Research and Methodology Department of Virology, FGBU "VNIIKR", Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia;

ORCID: 0009-0004-9176-407X,

e-mail: prihodko_yuri59@mail.ru

Ida Bashkirova, PhD in Biology, Researcher, Research and Methodology Department of Virology, FGBU "VNIIKR", Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150;

ORCID: 0000-0001-9014-4179,

e-mail: bashkirovaaid@mail.ru

Anastasia Emelyanova, Junior Researcher, Research and Methodology Department of Virology, FGBU "VNIIKR", Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150;

e-mail: 6ibsh505505@gmail.com.

Yuri Shneyder, PhD in Biology, Head of Research and Methodology Department of Virology, Leading Researcher, FGBU "VNIIKR", Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150; Associate Professor of the Plant Protection Department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia;

ORCID 0000-0002-7565-1241,

e-mail: yury.shneyder@mail.ru.

Сравнение методов выделения ДНК вирусных инфекций из табачной белокрылки *Bemisia tabaci* (Genn.) на примере вируса желтой курчавости листьев томата (TYLCV)

УШКОВА М.В.¹, ИВАНОВ А.В.², БОНДАРЕНКО Г.Н.³

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

³ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы» (РУДН)

¹ORCID 0000-0003-0102-1332,
e-mail: ushkovamariavladislavovna@gmail.com

²ORCID: 0009-0002-5361-6100,
e-mail: tonijons8@mail.ru

³ORCID: 0000-0002-1635-2508,
e-mail: Reseachergm@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Табачная белокрылка (*Bemisia tabaci* Genn.) – один из ключевых переносчиков фитопатогенных вирусов, прежде всего бегомовирусов (сем. *Geminiviridae*), к которым и относится вирус желтой курчавости листьев томата (TYLCV).

В связи с тем, что TYLCV имеет фитосанитарный статус и регулируется в соответствии с Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 30 ноября 2016 г. № 158, особенно важно обеспечить его раннее выявление и идентификацию. В рамках настоящего исследования было принято решение определить возможность выделения ДНК TYLCV из особей табачной белокрылки, хранящихся разными способами – в 70%-м растворе этилового спирта и в замороженном состоянии. Питание данных особей происходило на растениях томата, зараженных TYLCV. Сравнивали выделение ДНК разными коммерческими наборами, после чего проводили измерение концентрации ДНК. Затем осуществляли постановку ПЦР в режиме реального времени.

Дополнительно с целью анализа генетической последовательности участка гена цитохромоксидазы *B. tabaci* после выделения тотальной НК ставили классическую ПЦР к искомому фрагменту. Как показало исследование, ДНК-продукт был детектирован при обоих способах выделения,

Comparison of methods for isolating DNA of viral infections from *Bemisia tabaci* (Genn.) using the case of tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)

MARIA V. USHKOVA¹, ANTON V. IVANOV², GALINA N. BONDARENKO³

^{1,2,3} All-Russian Plant Quarantine Center (FGBU “VNIIKR”), Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia, 140150

³Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN University)

¹ORCID 0000-0003-0102-1332,
e-mail: ushkovamariavladislavovna@gmail.com

²ORCID: 0009-0002-5361-6100,
e-mail: tonijons8@mail.ru

³ORCID: 0000-0002-1635-2508,
e-mail: Reseachergm@mail.ru

ABSTRACT

Silverleaf whitefly (*Bemisia tabaci* Genn.) is one of the key vectors of phytopathogenic viruses, primarily begomoviruses (family *Geminiviridae*), which include tomato yellow leaf curl virus (TYLCV).

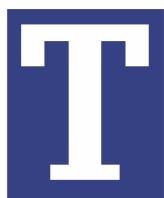
Since TYLCV has phytosanitary status and is regulated in accordance with Decision No. 158 of the Council of the Eurasian Economic Commission dated November 30, 2016, it is particularly important to ensure its early detection and identification. This study aimed to determine the feasibility of isolating TYLCV DNA from silverleaf whitefly individuals stored in different ways – in a 70% ethanol solution and frozen. These individuals fed on TYLCV-infected tomato plants. DNA extraction using different commercial kits was compared, after which DNA concentrations were measured. Real-time PCR was then performed.

Additionally, to analyze the genetic sequence of the *B. tabaci* cytochrome oxidase gene fragment after total NC isolation, classical PCR was applied to the

указанные методы применимы на практике. Так как в случае с образцами табачной белокрылки, хранящимися в 70%-м растворе этанола, наблюдали ингибирование реакции при выделении набором «Проба-НК», к использованию рекомендуется набор «ФитоСорб».

Ключевые слова. *Bemisia tabaci*, бегомовирусы, персистентно-циркулятивная передача, идентификация, карантин растений, ПЦР.

ВВЕДЕНИЕ



Табачная белокрылка (*Bemisia tabaci* Genn.) – один из наиболее опасных вредителей сельскохозяйственных культур, является переносчиком широкого спектра фитопатогенных вирусов, включая вирусы семейства *Geminiviridae*. Большинство бегомовирусов передаются белокрылкой в персистентно-циркулятивном, но непроникающем режиме: вирусные частицы проходят кишечник, гемолимфу и слюнные железы насекомого, взаимодействуя с белками-проводниками, что определяет эффективность и специфичность передачи. Среди вирусов семейства *Geminiviridae* выделяется Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) (Ghanim, 2014), вызывающий серьезные повреждения растений-хозяев, приводящие к значительным экономическим потерям. Его распространение представляет серьезную угрозу для сельского хозяйства, поскольку снижает урожайность и качество продукции.

Особенно остро стоит необходимость разработки эффективных методов диагностики и раннего выявления патогенов, позволяющих своевременно реагировать на вспышки вирусных инфекций и предотвращать их дальнейшее распространение в открытом и защищенном грунте.

Одним из ключевых аспектов идентификации является выделение нуклеиновых кислот вируса из организма насекомых-вредителей. Методы выделения нуклеиновых кислот различаются по эффективности, надежности и простоте исполнения. Поэтому выбор оптимального метода важен для повышения точности и скорости диагностического процесса.

Цель настоящего исследования состояла в сравнении двух коммерческих наборов для выделения ДНК TYLCV из особей табачной белокрылки, хранившихся различными способами: в замороженном состоянии и в 70%-м спиртовом растворе. Оценивалась эффективность выделения НК, концентрация полученного материала и его пригодность для дальнейшего молекулярно-генетического анализа методом полимеразной цепной реакции (ПЦР).

target fragment. The study demonstrated that the DNA product was detected using both isolation methods, and these methods are applicable in practice. Since inhibition of the reaction was observed with the Proba-NC kit for silverleaf whitefly samples stored in 70% ethanol, the FitoSorb kit is recommended for use.

Key words. *Bemisia tabaci*, Begomoviruses, persistent circulating transmission, identification, plant quarantine, PCR.

INTRODUCTION



Silverleaf whitefly (*Bemisia tabaci* Genn.) is one of the most dangerous agricultural pests, it is a vector of a wide range of phytopathogenic viruses, including viruses of the *Geminiviridae* family. Most begomoviruses are transmitted by whiteflies in a persistent-circulating, but non-penetrating mode: viral particles pass through the insect's intestines, hemolymph, and salivary glands, interacting with carrier proteins, which determines the efficiency and specificity of transmission. Among the viruses of the *Geminiviridae* family, Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) stands out (Ghanim, 2014), causing severe damage to host plants, leading to significant economic losses. Its spread poses a serious threat to agriculture, as it reduces crop yields and product quality.

There is a particularly pressing need to develop effective methods for diagnostics and early detection of pathogens, allowing for a timely response to outbreaks of viral infections and preventing their further spread in open and protected ground.

One of the key aspects of identification is the isolation of viral nucleic acids from insects. Nucleic acid extraction methods vary in efficiency, reliability, and ease of implementation. Therefore, choosing the optimal method is important for improving the accuracy and speed of the diagnostic process.

The aim of this study was to compare two commercial kits for the extraction of TYLCV DNA from silverleaf whiteflies stored in different ways: frozen and in a 70% alcohol solution. The efficiency of DNA extraction, the concentration of the resulting material, and its suitability for subsequent molecular genetic analysis using polymerase chain reaction (PCR) were assessed.

Табл. 1. Состав реакционной смеси для проведения амплификации
Table 1. Composition of the reaction mixture for amplification

Реагент Reagent	Объем, мкл Volume, µl
Реакционная смесь TYLCV ВПК TYLCV vPK reaction mixture	20
SynTaq (ВПК-полимераза) SynTaq (vPK polymerase)	0.5
Вода высокоочищенная (DNA-free) Water, highly purified (DNA-free)	17
ДНК DNA	2.0

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для выделения ДНК из анализируемых насекомых использовали следующие наборы реагентов: – «Проба-НК» (ООО «Агродиагностика», Россия) – набор реагентов для выделения тотальной ДНК для образцов растительного материала, наиболее часто применяемый для выделения ДНК вирусов. Метод основан на экстракции нуклеиновых кислот с помощью химических соединений без сорбентов;

– «ФитоСорб» (ООО «Синтол», Россия) – набор реагентов для выделения ДНК и РНК из растительного материала (на магнитных частицах). Методика выделения ДНК и РНК основана на сорбции ДНК и РНК на покрытых силикагелем магнитных частицах с последующим осаждением преципитирующим реагентом.

Выделение НК проводили по прилагаемым к наборам инструкциям фирм-производителей.

Смысл с особей Bemisia tabaci

Брали особей табачной белокрылки, питающихся на растениях томата, зараженного TYLCV, что было подтверждено методами, указанными в Методических рекомендациях для выявления и идентификации данного вируса (МР ВНИИКР 39-2015). Помещали особей в пробирку объемом 1,5 мл, добавляли в пробирку 500 мкл экстрагирующего буфера, инкубировали в течение 40 мин с периодическим встряхиванием.

Последующее выделение наборами «Проба-НК» и «ФитоСорб» осуществляли согласно инструкции производителя.

После этапа выделения концентрацию и чистоту экстрагированной ДНК определяли на спектрофотометре NanoDrop 2000 (Thermo Fisher, США) для количественного определения ДНК в трехкратной повторности.

Для проведения амплификации использовали набор реагентов для диагностики ДНК бегомовирусов компании «Синтол» (Лозовая Е.Н. и др., 2023). Состав реакционной смеси представлен в табл. 1.

Амплификацию проводили на термоциклере BioRad CFX 96 (США). Условия приведены в табл. 2.

Дополнительно в качестве контроля выделения ДНК TYLCV из насекомых использовали ПЦР с праймерами к участку гена цитохромоксидазы (COI) табачной белокрылки. Проводили постановку классической ПЦР с универсальной праймерной системой S1859/A2191 (Garner, Slavicek, 1996; Schreiber et al., 1997) (см. табл. 3, 4).

MATERIALS AND METHODS

The following reagent kits were used to extract DNA from the analyzed insects:

– Proba-NK (Agrodiagnostika LLC, Russia) – a reagent kit for the extraction of total DNA from plant material samples, most commonly used for the isolation of viral DNA. The method is based on the extraction of nucleic acids using chemical compounds without sorbents;

– "FitoSorb" (Synthol LLC, Russia) is a reagent kit for the extraction of DNA and RNA from plant material (using magnetic particles). The DNA and RNA extraction method is based on the sorption of DNA and RNA onto silica-coated magnetic particles followed by precipitation with a precipitating reagent.

The isolation of NA was carried out according to the instructions supplied with the kits by the manufacturers.

Washing from Bemisia tabaci

Silverleaf whitefly individuals were collected feeding on TYLCV-infected tomato plants, which was confirmed using the methods specified in the Methodological Recommendations for the Detection and Identification of this virus (MR VNIKR 39-2015). Individuals were placed in a 1.5 ml test tube, 500 µl of extraction buffer was added to the tube, and the tube was incubated for 40 minutes with periodic shaking.

Subsequent isolation using the Proba-NK and FitoSorb kits was carried out according to the manufacturer's instructions.

After the extraction step, the concentration and purity of the extracted DNA were determined using a NanoDrop 2000 spectrophotometer (Thermo Fisher, USA) for DNA quantification in triplicate.

For amplification, a "Synthol" reagent kit for diagnostics of begomovirus DNA was used (Lozovaya E.N. et al., 2023). The composition of the reaction mixture is presented in Table 1.

Amplification was performed on a BioRad CFX 96 thermal cycler (USA). The conditions are given in Table 2.

Additionally, PCR with primers to the cytochrome oxidase (COI) gene region of the silverleaf whitefly was used as a control for the extraction of TYLCV DNA from

Табл. 2. Условия амплификации для детекции TYLCV набором Tomato yellow leaf curl disease-PB («Синтол», Россия)
Table 2. Amplification conditions for detection of TYLCV using the Tomato yellow leaf curl disease-PB kit (Synthol, Russia)

Этапы Stages	Условия амплификации Amplification conditions		
	T °C	t, мин t, min	Циклы Cycles
Первичная денатурация Primary denaturation	95	5:00	1
Денатурация Denaturation	95	0:15	50
Отжиг праймеров Primer annealing	60	0:40	

Табл. 3. Последовательность праймерной системы S1859/A2191

Table 3. Sequence of the S1859/A2191 primer system

Праймеры Primers	Последовательность праймера Primer sequence	Размер продукта, п.о. Product size, p.b.	Источник Source
S1859	5'-GGAACIGGATGAAC(A/T)GTTTA(C/T)CCICC-3'	350	Garner, Slavicek, 1996; Schreiber et al., 1997
A2191	5'-CCCGGTAAAATATAAACTTC-3'		

Табл. 4. Состав реакционной смеси для проведения амплификации с праймерной системой S1859/A2191 на фрагмент гена COI (на 25 мкл реакции)

Table 4. Composition of the reaction mixture for amplification with the S1859/A2191 primer system for the COI gene fragment (per 25 µl of reaction)

Реагент Reagent	Объем, мкл Volume, µl
5x Screen mix HS 5x Screen mix HS	5,0
S1859 праймер, 10 pmol S1859 primer, 10 pmol	0,5
A2191 праймер, 10 pmol A2191 primer, 10 pmol	0,5
Вода Water	17
ДНК DNA	2,0

ПЦР проводили в амплификаторе ProFlex™ PCR System (Сингапур, Thermo Fisher Scientific). Условия приведены в табл. 5.

После амплификации 5 мкл ПЦР-продукта раскапывали в лунки 1,5%-го агарозного геля с бромистым этидием в 0,5x TBE-буфере, разделяли с помощью электрофореза, рассматривали и фотографировали под УФ-светом. Полученный продукт ПЦР использовали для секвенирования.

Перед секвенированием проводили очистку ампликонов с использованием коммерческого набора DNA Purification Kit компании Thermo Fisher (США). Секвенирование осуществляли согласно MR VНИИКР 116-2018 на генетическом анализаторе Genetic Analyzer AB-3500 (Applied Biosystems, США).

Для изучения видовой принадлежности ДНК образца проводили первичное сравнение полученных последовательностей с базой данных ГенБанка с помощью интернет-ресурса NCBI BLAST. Последующую проверку, редактирование и выравнивание по референсной последовательности из ГенБанка последовательностей выполняли в редакторе «BioEdit version 7.0.5.3».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Средние значения определения концентрации и коэффициента качества выделенной тотальной НК приведены в табл. 6. Оценку качества экстрагированной ДНК проводили на основании измерения оптической плотности раствора ДНК при 280 и 260 нм. Для качественно очищенных образцов ДНК соотношение оптических плотностей,

Табл. 5. Условия амплификации фрагмента гена COI с праймерной системой S1859/A2191

Table 5. Conditions for amplification of the COI gene fragment with the S1859/A2191 primer system

Этапы Stages	Условия амплификации Amplification conditions		
	Т °С	t, мин t, min	Циклы Cycles
Первичная денатурация Primary denaturation	95	10:00	1
Денатурация Denaturation	95	0:15	
Отжиг праймеров Primer annealing	55	0:30	35
Элонгация Elongation	72	1:30	
Финальная элонгация Final elongation	72	3:00	1

* Примечание: Т, °С – температура в градусах Цельсия; t, мин – время в минутах

* Note: T, °C – temperature in degrees Celsius; t, min – time in minutes

insects. Classical PCR was performed with the universal primer system S1859/A2191 (Garner and Slavicek, 1996; Schreiber et al., 1997) (see Tables 3 and 4).

PCR was performed in a ProFlex™ PCR System (Singapore, Thermo Fisher Scientific). The conditions are listed in Table 5.

After amplification, 5 µl of the PCR product was pipetted into wells of a 1.5% agarose gel containing ethidium bromide in 0.5x TBE buffer, separated by electrophoresis, examined, and photographed under UV light. The resulting PCR product was used for sequencing.

Before sequencing, amplicons were purified using a commercial DNA Purification Kit from Thermo Fisher (USA). Sequencing was performed according to MR VНИИКР 116-2018 on a Genetic Analyzer AB-3500 (Applied Biosystems, USA).

To determine the species identity of the DNA sample, an initial comparison of the obtained sequences with the GenBank database was performed using the NCBI BLAST online resource. Subsequent verification, editing, and alignment with the GenBank reference sequence were performed using BioEdit version 7.0.5.3.

Табл. 6. Сравнение методов выделения ДНК
Table 6. Comparison of DNA extraction methods

Метод Storage method	«Проба-НК» Proba-NK			«ФитоСорб» FitoSorb		
	№ п/п №	Концентрация, нг/мкл Concentration, ng/μl	Показатель 260/280 нм Indicator 260/280 nm	№ п/п №	Концентрация, нг/мкл Concentration, ng/μl	Показатель 260/280 нм Indicator 260/280 nm
Заспиргованы Alcohol-preserved	1	34,7	2,01	1	22,3	1,88
	2	29,1	2,04	2	25,4	1,96
	3	31,6	1,95	3	34,3	2,07
	4	33,7	2,00	4	21,5	2,00
	5	26,3	1,93	5	32,5	2,08
Заморожены Frozen samples	6	39,2	1,80	6	23,2	1,89
	7	41,3	2,03	7	31,7	1,98
	8	43,5	2,05	8	34,8	2,13
	9	37,4	2,04	9	27,8	1,95
	10	34,2	1,89	10	41,3	2,02

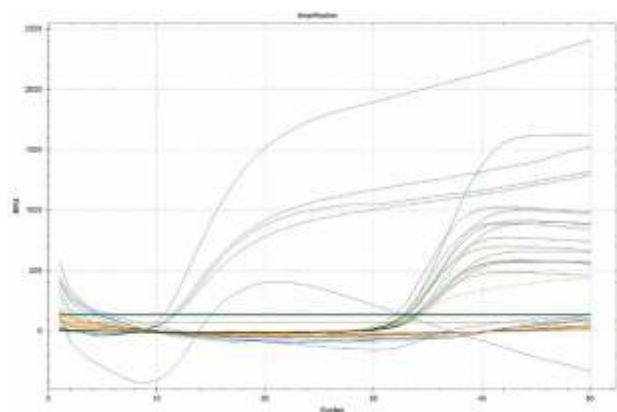


Рис. 1. Результаты ПЦР-РВ с исследуемыми образцами табачной белокрылки: слева – выделение набором «Проба-НК», справа – «ФитоСорб», где FAM – TYLCV (специфичный ген) (синий); HEX – внутренний положительный контроль (зеленый)

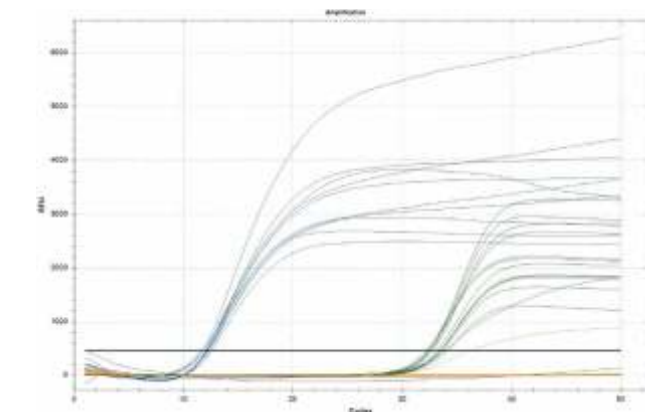


Fig. 1. Results of RT-PCR with the studied silverleaf whitefly samples: on the left – isolation by the Proba-NK kit, on the right – by the FitoSorb kit, where FAM is TYLCV (specific gene) (blue); HEX is the internal positive control (green)

полученных при 260/280 нм, должно быть в интервале 1,8–2,2. Более низкий показатель может указывать на наличие значительного количества белковых примесей, фенолов или других контаминантов, которые сильно поглощают свет при 280 нм, что говорит о возможном загрязнении образца остатками веществ после процесса экстракции.

Результаты ПЦР-реакции с использованием набора «ФитоСорб» показали успешное выявление целевой последовательности ДНК TYLCV, что подтверждает эффективность метода экстракции. Напротив, применение набора «Проба-НК» не показало результата в отношении заспиртованных образцов, что указывает на возможное ингибирование реакции ПЦР или недостаточную очистку образцов (см. табл. 7, рис. 1).

По результатам постановки классической ПЦР с праймерной системой S1859/A2191 на фрагмент гена COI ДНК продукт амплифицировался успешно и в случае выделения набором «Проба-НК», и в случае выделения набором «Фитосорб» (см. рис. 2). Длина полученного продукта ПЦР составляет примерно 350 п.о.

RESULTS AND DISCUSSION

The average values for the determination of the concentration and quality factor of the isolated total NA are presented in Table 6. The quality of the extracted DNA was assessed by measuring the optical density of the DNA solution at 280 and 260 nm. For high-quality purified DNA samples, the ratio of optical densities obtained at 260/280 nm should be in the range of 1.8–2.2. A lower value may indicate the presence of significant amounts of protein impurities, phenols, or other contaminants that strongly absorb light at 280 nm, indicating possible contamination of the sample with residues from the extraction process.

The PCR results using the FitoSorb kit demonstrated successful detection of the target TYLCV DNA sequence, confirming the effectiveness of the extraction method. In contrast, the Proba-NK kit failed to detect alcohol-preserved samples, indicating possible inhibition of the PCR reaction or insufficient sample purification (see Table 7, Fig. 1).

Табл. 7. Результаты ПЦР-РВ с исследуемыми образцами табачной белокрылки: слева – выделение набором «Проба-НК», справа – «ФитоСорб»

Table 7. Results of RT-PCR with the studied samples of silverleaf whitefly: on the left – isolation by the Proba-NK kit, on the right – by the FitoSorb kit

	№ п/п №	Образец Sample	Ср, FAM Av, FAM	Ср, HEX Av, HEX	№ п/п №	Образец Sample	Ср, FAM Av, FAM	Ср, HEX Av, HEX
Заспиргованные образцы Alcohol-preserved	1	1	N/A	31,95	1	1	11,60	32,45
	2	2	N/A	33,15	2	2	11,85	33,57
	3	3	N/A	32,54	3	3	12,13	33,20
	4	4	N/A	32,82	4	4	12,10	33,45
	5	5	N/A	33,81	5	5	12,35	32,21
Замороженные образцы Frozen samples	6	6	11,72	34,36	6	6	11,77	32,42
	7	7	10,65	33,14	7	7	12,58	33,48
	8	8	11,45	34,20	8	8	12,07	32,77
	9	9	15,08	32,89	9	9	12,19	32,62
	10	10	11,87	33,88	10	10	12,26	32,49
Контроль Controls	11	К+	32,82	33,69	11	К+	33,97	33,73
	12	-К	N/A	N/A	12	-К	N/A	N/A
	13	-К	N/A	N/A	13	-К	N/A	N/A

Примечание: FAM – фрагмент гена (TYLCV) (по каналу флуоресценции FAM/Green); HEX – внутренний положительный контроль (ВПК) (по каналу флуоресценции R6G/HEX)

Note: FAM is a gene fragment (TYLCV) (using the FAM/Green fluorescence channel); HEX is an internal positive control (IPC) (using the R6G/HEX fluorescence channel)



Рис. 2. Электрофореграмма классической ПЦР с праймерной системой S1859/A2191, где 1–10 – виды *Bemisia tabaci*: с 1-го по 5-й – выделенные набором «Проба-НК», с 6-го по 10-й – выделенные набором «ФитоСорб», 11 – положительный контроль, К⁻ – отрицательный контроль, М – маркер молекулярного веса

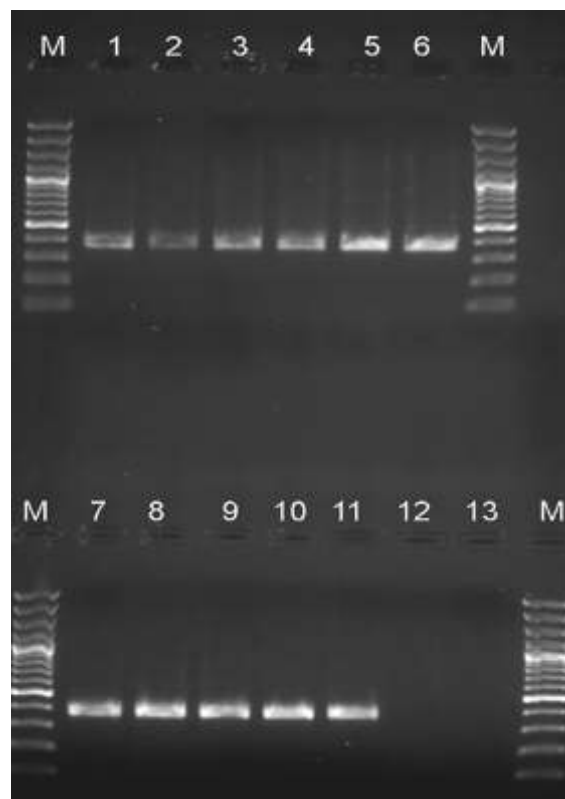


Fig. 2. Electropherogram of classical PCR with the S1859/A2191 primer system, where 1–10 are *Bemisia tabaci* species: 1–5 isolated with the Proba-NK kit, 6–10 isolated with the FitoSorb kit, 11 is the positive control, K⁻ is the negative control, M is the molecular weight marker

Табл. 8. Результаты секвенирования участка гена COI видов *Bemisia tabaci*

Table 8. Results of sequencing of the COI gene region of *Bemisia tabaci* species

№ п/п №	Результат исследования (испытания) Study (test) result	Покрытие Coverage	Идентичность Identity
1	<i>Bemisia tabaci</i> isolate	100%	99,06%
2	<i>Bemisia tabaci</i> isolate	98%	99,08%
3	<i>Bemisia tabaci</i> isolate	100%	99,08%
4	<i>Bemisia tabaci</i> isolate	94%	92,72%
5	<i>Bemisia tabaci</i> isolate	100%	99,08%
6	<i>Bemisia tabaci</i> isolate	100%	99,38%
7	<i>Bemisia tabaci</i> isolate	99%	98,77%
8	<i>Bemisia tabaci</i> isolate	98%	99,08%
9	<i>Bemisia tabaci</i> isolate	99%	98,43%
10	<i>Bemisia tabaci</i> isolate	98%	99,04%

По результатам секвенирования были получены последовательности участка гена COI видов *Bemisia tabaci*. Данные представлены в табл. 8.

Как показало исследование, ДНК-продукт выделился аналогично в обоих способах экстракции, оба набора применимы на практике. Так как в случае с образцами табачной белокрылки, хранящимися в 70%-м растворе этанола, наблюдалось ингибирование реакции при выделении набором «Проба-НК», к использованию рекомендуется набор «ФитоСорб».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследования ДНК насекомых и вируса выделились одинаково, оба набора применимы на практике. Однако при выделении набором «Проба-НК» в связи с ингибированием ПЦР с праймерами для выявления табачной белокрылки при тестировании образцов, хранящихся в 70%-м растворе этанола, к использованию рекомендуется набор «ФитоСорб».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лозовая Е.Н., Приходько Ю.Н., Живаева Т.С., Шнейдер Ю.А. Диагностика вирусов рода *Begomovirus*. Фитосанитария. Карантин растений. 2023; (1): 23–31. <https://doi.org/10.69536/v0718-2972-0994-b>
2. МР ВНИИКР 39-2015. Методические рекомендации по выявлению и идентификации бегомовируса желтой курчавости листьев томата Tomato yellow leaf curl begomovirus ФГБУ «ВНИИКР», 2015, 99 с.
3. De Barro, P.J.; Liu, S.-S.; Boykin, L.M.; Dinsdale, A.B. *Bemisia tabaci*: A statement of species status. Annu. Rev. Entomol. 2011, 56, 1–19.
4. Ghanim, M. A review of the mechanisms and components that determine the transmission efficiency of tomato yellow leaf curl virus (Geminiviridae; Begomovirus) by its whitefly vector. Virus Res. 2014, 186, 47–54.
5. Fiallo-Olivé, E.; Pan, L.L.; Liu, S.S.; Navas-Castillo, J. Transmission of begomoviruses and other whitefly-borne viruses: Dependence on the vector species. Phytopathology 2020, 110, 10–17.
6. Hogenhout, S.A.; Ammar, E.-D.; Whitfield, A.E.; Redinbaugh, M.G. Insect vector interactions with

According to the results of classical PCR with the S1859/A2191 primer system on the COI gene fragment, the DNA product was successfully amplified in the case of isolation with both the Proba-NK kit and the Fitosorb kit (Fig. 2). The length of the obtained PCR product is approximately 350 bp.

Based on the sequencing results, the sequences of the COI gene region of *Bemisia tabaci* species were obtained. The data are presented in Table 8.

The study showed that the DNA product was isolated similarly using both extraction methods, and both kits are applicable in practice. Since inhibition of the reaction was observed with the Proba-NK kit for tobacco whitefly samples stored in 70% ethanol, the FitoSorb kit is recommended for use.

CONCLUSION

Based on the study results, insect and viral DNA extraction was identical, and both kits are applicable. However, due to inhibition of PCR with silverleaf whitefly primers when testing samples stored in 70% ethanol, the FitoSorb kit is recommended for use with the Proba-NK kit.

REFERENCES

1. Lozovaya E.N., Prikhodko Yu.N., Zhivaeva T.S., Shneyder Yu.A. Diagnosis of viruses of the genus *Begomovirus*. Plant Health and Quarantine. 2023; (1): 23–31. <https://doi.org/10.69536/v0718-2972-0994-b>
2. MR VNIKR 39-2015. Methodological recommendations for the detection and identification of tomato yellow leaf curl begomovirus FGBU "VNIKR", 2015, 99 p.
3. De Barro, P.J.; Liu, S.-S.; Boykin, L.M.; Dinsdale, A.B. *Bemisia tabaci*: A statement of species status. Annu. Rev. Entomol. 2011, 56, 1–19.
4. Ghanim, M. A review of the mechanisms and components that determine the transmission efficiency of tomato yellow leaf curl virus (Geminiviridae; Begomovirus) by its whitefly vector. Virus Res. 2014, 186, 47–54.

persistently transmitted viruses. *Annu. Rev. Phytopathol.* 2008, 46, 327–359.

7. Power, A.G. Insect transmission of plant viruses: A constraint on virus variability. *Curr. Opin. Plant. Biol.* 2000, 3, 336–340.

8. Rosen, R.; Kanakala, S.; Kliot, A.; Cathrin Pakkianathan, B.; Farich, B.A.; Santana-Magal, N.; Elimelech, M.; Kontsedalov, S.; Lebedev, G.; Cilia, M.; et al. Persistent, circulative transmission of begomoviruses by whitefly vectors. *Curr. Opin. Virol.* 2015, 15, 1–8.

9. Whitfield, A.E.; Falk, B.W.; Rotenberg, D. Insect vector-mediated transmission of plant viruses. *Virology* 2015, 479, 278–289.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ушкова Мария Владиславовна, младший научный сотрудник лаборатории энтомологии ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР», пгт Быково, м. о. Раменский, Московская обл., Россия.

ORCID 0000-0003-0102-1332,

e-mail: ushkovamariavladislavovna@gmail.com

Иванов Антон Владиславович, младший научный сотрудник лаборатории гельминтологии ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР», пгт Быково, м. о. Раменский, Московская обл., Россия.

Бондаренко Галина Николаевна, старший научный сотрудник – начальник ИЛЦ ФГБУ «ВНИИКР», пгт Быково, м. о. Раменский, Московская обл., Россия. Доцент РУДН, Москва, Россия.

ORCID: 0000-0002-1635-2508,

e-mail: Reseachergm@mail.ru

5. Fiallo-Olivé, E.; Pan, L.L.; Liu, S.S.; Navas-Castillo, J. Transmission of begomoviruses and other whitefly-borne viruses: Dependence on the vector species. *Phytopathology* 2020, 110, 10–17.

6. Hogenhout, S.A.; Ammar, E.-D.; Whitfield, A.E.; Redinbaugh, M.G. Insect vector interactions with persistently transmitted viruses. *Annu. Rev. Phytopathol.* 2008, 46, 327–359.

7. Power, A.G. Insect transmission of plant viruses: A constraint on virus variability. *Curr. Opin. Plant. Biol.* 2000, 3, 336–340.

8. Rosen, R.; Kanakala, S.; Kliot, A.; Cathrin Pakkianathan, B.; Farich, B.A.; Santana-Magal, N.; Elimelech, M.; Kontsedalov, S.; Lebedev, G.; Cilia, M.; et al. Persistent, circulative transmission of begomoviruses by whitefly vectors. *Curr. Opin. Virol.* 2015, 15, 1–8.

9. Whitfield, A.E.; Falk, B.W.; Rotenberg, D. Insect vector-mediated transmission of plant viruses. *Virology* 2015, 479, 278–289.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Maria Ushkova, Junior Researcher, Entomology Laboratory, Testing Laboratory Center, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia.

ORCID 0000-0003-0102-1332,

e-mail: ushkovamariavladislavovna@gmail.com

Anton Ivanov, Junior Researcher, Helminthology laboratory, Testing Laboratory Center, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia.

ORCID: 0009-0002-5361-6100,

e-mail: tonijons8@mail.ru

Galina Bondarenko, Senior Researcher – Head of Testing Laboratory Center, FGBU “VNIKR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia. Associate Professor, RUDN University, Moscow, Russia.

ORCID: 0000-0002-1635-2508,

e-mail: Reseachergm@mail.ru

Влияние рострегулирующих препаратов на проявление фитотоксичности гербицидов на яровой пшенице

АШРАФ А.Ш.¹, ЕФРЕЙТОРОВА Т.Э.²,
КРЫЛОВА М.Ф.³, ЖАРКИХ О.А.⁴

^{1,4} ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева»), г. Москва, Россия, 127550

² АО «Фирма «Август», Московская обл., г. Черноголовка, Россия, 142432

³ ФНЦ «ВНИТИП», г. Сергиев Посад, Россия, 141311

¹ e-mail: aschrafafina@gmail.com

² e-mail: t.efreytorova@avgust.com

³ e-mail: v.krylov@avgust.com

⁴ e-mail: o.a.zharkikh@rgau-msha.ru

АННОТАЦИЯ

Целью данного исследования являлась оценка влияния баковых смесей гербицидов и различных рострегулирующих препаратов на растения яровой пшеницы в период вегетации. Вегетационный опыт проводился на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева»). Объектом исследования была выбрана пшеница яровая сорта Любава. Обработку тест-культуры проводили в фазу кущения баковыми смесями гербицидов и рострегулирующими препаратами. В качестве гербицидов были использованы «Бомба, СЭ» и «Балерина, ВДГ», ингибирующие образование фермента ацетолактатсинтазы, участвующего в синтезе незаменимых аминокислот. В качестве рострегулирующих веществ использовали «Панч» (аминокислоты), «Гумат калия» (гуминовые вещества), «Апасил» (кремний), «Аквамикс, СТ» (микроудобрения) и «Эпин Экстра» (фитогормоны). Было установлено, что применение гербицидов вызывало снижение активности фотосинтеза растений в среднем на 43 ед., или 13%, в сравнении с контролем. Через день после обработки установлен критический период для культуры в условиях гербицидного стресса, о чем свидетельствуют самые низкие значения N-тестера, полученные на протяжении всего опыта. Выявлено, что через день после обработки активность фотосинтеза у растений на гербициде снизилась на 20% по сравнению с вариантом без обработки. Добавление

Influence of growth- regulating preparations on the herbicides phytotoxicity on spring wheat

AMINA S. ASHRAF¹, TATIANA E. EFREYTOROVA²,
MARINA F. KRYLOVA³, OLGA A. ZHARKIKH⁴

^{1,4} Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia, 127550

² Avgust, Moscow Oblast, Chernogolovka, Russia, 142432

³ All-Russian Scientific Research and Technological Institute of Poultry Farming, Sergiev Posad, Russia, 141311

¹ e-mail: aschrafafina@gmail.com

² e-mail: t.efreytorova@avgust.com

³ e-mail: v.krylov@avgust.com

⁴ e-mail: o.a.zharkikh@rgau-msha.ru

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effects of tank mixtures of herbicides and various growth-regulating agents on spring wheat plants during the growing season. The pot experiment was conducted at the Moscow Timiryazev Agricultural Academy. The spring wheat variety Lyubava was chosen as the object of the study. The test crop was treated with tank mixtures of herbicides and growth-regulating agents during the tillering stage. The herbicides used were Bomba, SE, and Ballerina, as well as VDG, which inhibit the formation of acetolactate synthase, an enzyme involved in the synthesis of essential amino acids. The growth-regulating agents used were Panch (amino acids), Potassium Humate (humic substances), Apasil (silicon), Aquamix, ST (microfertilizers), and Epin Extra (phytohormones). Herbicide application was found to reduce plant photosynthetic activity by an average of 43 units, or 13%, compared to the control. A critical period for the crop under herbicide stress was established one day after treatment, as evidenced by the lowest N-tester

к гербицидам рострегулирующих препаратов на основе гуминовых веществ, кремния и фитогормонов существенно не повлияло на стабилизацию продукционного процесса растений. Использование микроудобрений и аминокислот в смесях с гербицидами положительно влияло на показатели качества урожая. В варианте с применением аминокислот содержание белка в зерне отмечалось на уровне контрольных значений, в то время как в вариантах с другими рострегулирующими препаратами оно было ниже на 1,8–2,3%. Таким образом, для поддержания продукционного процесса и сохранения потенциала растений в условиях неблагоприятных факторов рекомендуется к гербицидным обработкам добавлять рострегулирующие препараты на основе аминокислот и микроудобрений в хелатной форме.

Ключевые слова. Фитотоксичность, гербицидный стресс, засуха, аминокислоты, гуминовые вещества, кремний, микроудобрения, фитогормоны, вегетационный опыт.

ВВЕДЕНИЕ



Гербицидный стресс – это отрицательное воздействие гербицидов на рост и развитие возделываемой культуры, которое может привести к снижению урожайности и качества продукции. Причинами гербицидного стресса могут служить неверный выбор препарата и норм его применения, нарушение сроков обработки, неблагоприятные климатические условия для растений, использование баковых смесей из несовместимых компонентов и реакция гербицида с остаточными веществами в почве.

Фитотоксичность гербицида, особенно в синергии с такими негативными абиотическими факторами, как засуха или переувлажнение, влечет за собой развитие проявления окислительного стресса. Чрезмерное образование активных форм кислорода (АФК) приводит к дисбалансу между количеством АФК и нейтрализующих их антиоксидантами. Повреждение клеточных компонентов посредством АФК влечет за собой гибель клетки и всего организма (Хозеева и др., 2020). Случаи гербицидного стресса были описаны в различных публикациях.

Выявлено, что химическая обработка в совокупности с абиотическими факторами подавляла рост и развитие сельскохозяйственных культур и снижала их продуктивность. (Игнатенко, 2005; Дворянкин, 2019). Для снижения негативного действия от гербицидов могут применяться рострегулирующие препараты различной химической природы. Отмечено, что обработка семенного материала биостимуляторами приводит к снижению уровня токсичности от применения средств защиты растений (Gugała, M. et al., 2018; Motamedi, M. et al., 2022). Дополнительное применение регуляторов роста в рамках производства бывает затруднительно и затратно. Решением проблемы может послужить использование баковых смесей (Барков, Ефрейторова,

values obtained throughout the experiment. It was found that one day after treatment, photosynthetic activity in plants treated with the herbicide decreased by 20% compared to the untreated control. Adding growth-regulating agents based on humic substances, silicon, and phytohormones to the herbicides did not significantly affect the stabilization of plant production. The use of micronutrient fertilizers and amino acids in mixtures with herbicides had a positive effect on crop quality. In the amino acid treatment, grain protein content was observed at the control level, while in treatments with other growth-regulating agents, it was 1.8–2.3% lower. Thus, to support the production process and preserve the potential of plants under unfavorable conditions, it is recommended to add growth-regulating preparations based on amino acids and micronutrients in chelated form to herbicide treatments.

Key words: phytotoxicity, herbicide stress, drought, amino acids, humic substances, silicon, micronutrients, phytohormones, pot experiment.

INTRODUCTION



Herbicide stress is the negative impact of herbicides on the growth and development of a cultivated crop, which can lead to reduced yield and product quality.

Herbicide stress can be caused by improper product selection and application rates, improper application timing, unfavorable climatic conditions for plants, the use of tank mixtures of incompatible components, and the reaction of the herbicide with residual substances in the soil. Herbicide phytotoxicity, especially when combined with negative abiotic factors such as drought or waterlogging, leads to the development of oxidative stress. Excessive formation of reactive oxygen species (ROS) leads to an imbalance between the amount of ROS and the antioxidants that neutralize them. Damage to cellular components by ROS leads to cell and organismal death (Khozeeva et al., 2020). Cases of herbicide stress have been described in various publications. It was found that chemical treatments in combination with abiotic factors suppressed the growth and development of agricultural crops and reduced their productivity (Ignatenko, 2005; Dvoryankin, 2019). To reduce the negative effects of herbicides, growth-regulating preparations of various chemical natures can be used. It has been noted that the treatment of seed material with biostimulants leads to a decrease in the level of toxicity from the use of plant protection products (Gugała, M. et al., 2018; Motamedi, M. et al., 2022).

2025; Крылова, Крылов, 2024). В качестве антидотов в различных публикациях изучено влияние полифункциональных регуляторов роста растений. Они выполняют компенсаторную функцию за счет стимулирования комплекса биохимических процессов, которые были нарушены под влиянием гербицидного стресса (Наумов, 2019). Антистрессовое действие регуляторов роста в баковой смеси определяется комплементарностью компонентов, поэтому важно изучить множество вариантов комбинаций веществ.

Цель данного исследования – оценка влияния рострегулирующих препаратов на проявление фитотоксичности гербицидов на яровой пшенице.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыт был проведен в вегетационном домике кафедры агрономической, биологической химии и радиологии Института агробиотехнологии РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева. В качестве объекта исследования была выбрана пшеница яровая сорта Любава (РС 1). Метод исследования – вегетационный опыт. Повторность опыта – четырехкратная. Посев в сосуды Митчерлиха проводили 26 мая 2024 г. по 30 семян пшеницы в каждый сосуд. Обработка растений проводилась при помощи ручного помпового опрыскивателя «Грин Бэлт». В опыте использовались гербициды «Балерина, СЭ» (2,4-Д (410 г/л) + флорасулам (7,4 г/л)) – 0,5 л/га и «Бомба, ВДГ» (трибенурон-метил (563 г/кг), флорасулам (187 г/кг)) – 0,03 кг/га. В качестве рострегулирующих веществ были выбраны следующие препараты: «Панч» (свободные аминокислоты 30–31%); «Гумат калия, ВР» (75% калиевых солей гуминовых кислот); микро-удобрения – «Аквамикс СТ» (Fe(ДТПА) – 1,74%, Fe(ЭДТА) – 2,1%; Mn(ЭДТА) – 2,57%; Zn(ЭДТА) – 0,53%; Cu(ЭДТА) – 0,53%; Ca(ЭДТА) – 2,57%; B – 0,52%; Mo – 0,13%); фитогормоны – «Эпин Экстра» (эпибрассинолид); кремнесодержащие удобрения – АраSil (аморфный диоксида кремния).

Схема опыта:

- контроль (без обработки);
- гербициды («Балерина, СЭ» 0,5 л/га + «Бомба, ВДГ» 0,03 кг/га);
- гербициды + аминокислоты (1 л/га);
- гербициды + гуминовые вещества (1 л/га);
- гербициды + кремний (50 г/га);
- гербициды + микроудобрения (1 кг/га);
- гербициды + фитогормоны (50 мл/га).

Оценку активности хлоропластов определяют с помощью показаний N-тестера, использующего фотометрический метод диагностики растений, основанный на вычислении величины поглощенного красного спектра и отраженного ближнего красного. Измерения проводили через 1 час после обработки, через день после обработки, через два дня после обработки и через неделю после обработки в 30-кратной повторности в каждом сосуде. Измерение морфометрических показателей проводилось при наступлении полной зрелости яровой пшеницы и включало в себя учет количества колосьев, длину колосьев, количество семян, массу собранных семян с каждого сосуда. Качественные показатели зерна определяли при помощи БИК-анализатора

The additional use of growth regulators in production can be difficult and costly. The use of tank mixtures can serve as a solution to this problem (Barkov, Efreitorova, 2025; Krylova, Krylov, 2024). The effect of polyfunctional plant growth regulators as antidotes has been studied in various publications. They perform a compensatory function by stimulating a complex of biochemical processes that were disrupted by herbicide stress. (Naumov, 2019) The anti-stress effect of growth regulators in a tank mixture is determined by the complementarity of the components, so it is important to explore a variety of combinations.

The aim of this study is to evaluate the effect of growth-regulating preparations on the herbicides phytotoxicity on spring wheat.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted in the vegetation house of the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology of the Agrobiotechnology Institute of the Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy. Spring wheat of the Lyubava (RS 1) variety was chosen as the object of the study. The research method was a pot experiment. The experiment was replicated four times. Sowing in Mitscherlich vessels was carried out on May 26, 2024, 30 wheat seeds in each vessel. Plants were treated using a Green Belt hand pump sprayer. The herbicides used in the experiment were Ballerina, SE (2,4-D (410 g / l) + florasulam (7.4 g / l)) - 0.5 l / ha and Bomba, VDG (tribenuron-methyl (563 g / kg), florasulam (187 g / kg)) - 0.03 kg / ha. The following preparations were chosen as growth-regulating substances: Punch (free amino acids 30-31%); Potassium Humate, VR (75% potassium salts of humic acids); microfertilizer: Aquamix ST - (Fe (DTPA) - 1.74%, Fe (EDTA) - 2.1%; Mn (EDTA) - 2.57%; Zn (EDTA) - 0.53%; Cu (EDTA) - 0.53%; Ca (EDTA) - 2.57%; B - 0.52%; Mo - 0.13%); phytohormones: Epin Extra (epibrassinolide); silicon-containing fertilizer: ApaSil (amorphous silicon dioxide)).

Experiment scheme:

- 1) Control (no treatment);
- 2) Herbicide (Ballerina, SE 0.5 l/ha + Bomba, WDG 0.03 kg/ha);
- 3) Herbicides + Amino Acids (1 l/ha);
- 4) Herbicides + Humic Substances (1 l/ha);
- 5) Herbicides + Silicon (50 g/ha);
- 6) Herbicides + Microfertilizers (1 kg/ha);
- 7) Herbicides + Phytohormones (50 ml/ha).

Chloroplast activity was assessed using N-tester readings, a photometric plant diagnostic method based on calculating the absorbed red spectrum and reflected near-red light. Measurements were taken 1 hour after treatment, 1 day after treatment, 2 days after treatment, and 1 week after treatment, with 30 replicates in each vessel. Morphometric parameters were measured when the spring wheat reached full maturity and included the number of ears, ear length, seed count, and the weight of the collected seeds from each vessel. Grain quality parameters were determined using a NIR analyzer: moisture, ash content, protein, fat, gluten deformation index, and vitreousness.

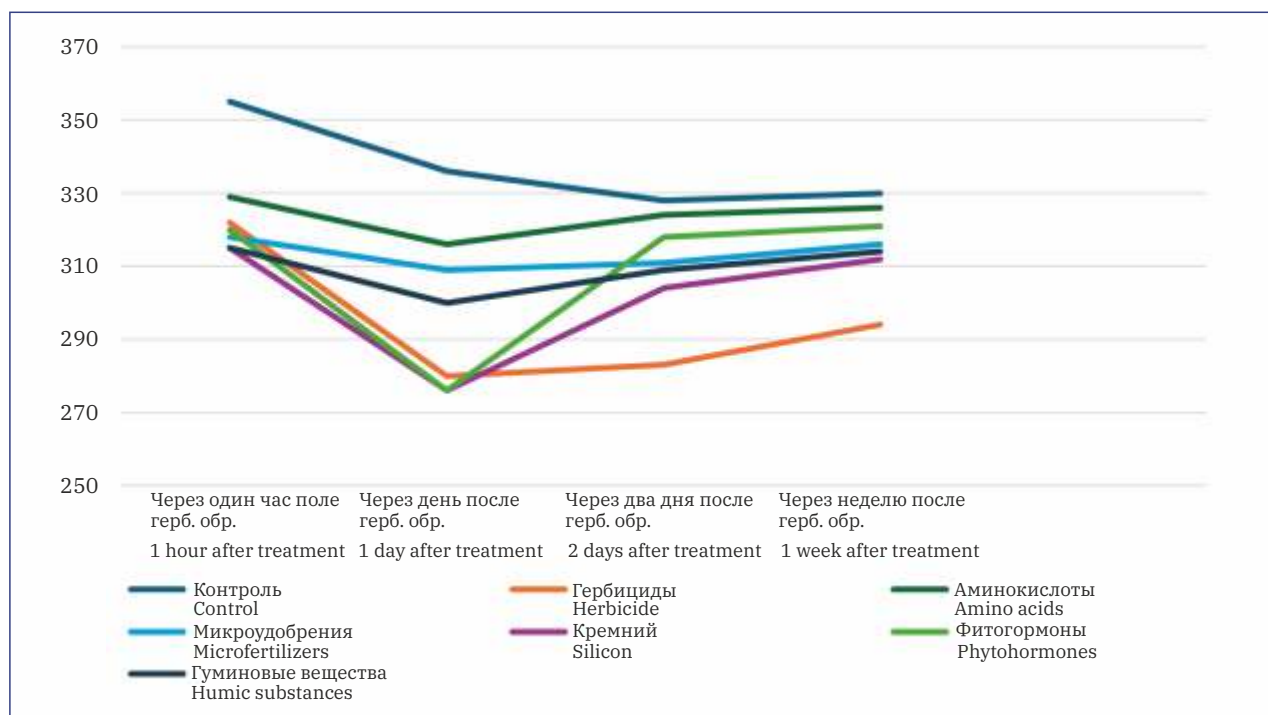


Рис. 1. Изменения содержания хлорофилла в листьях яровой пшеницы в зависимости от способа обработки (показания прибора N-тестера)

Fig. 1. Changes in the chlorophyll content in spring wheat leaves depending on the treatment method (N-tester readings)

(влажность, зольность, белок, жиры, индекс деформации клейковины и стекловидность).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Проведенные измерения листьев яровой пшеницы с помощью N-тестера показали, что обработка растений гербицидами в значительной степени снижала содержание хлорофилла в листьях растений пшеницы. Из представленного графика (см. рис. 1) видно, что через 1 час и 24 часа после проведенной обработки гербицидами как в чистом виде, так и в смеси с регуляторами происходило резкое нарушение фотосинтеза в листьях яровой пшеницы. Установлено, что через 1 час после обработки активность фотосинтеза снизилась на 25–35 йод., а через 24 часа – на 20–60 ед. по отношению к контролю. Стоит отметить, что через 24 часа после обработки в вариантах «гербициды», «гербициды + фитогормоны», «гербициды + кремний» растения яровой пшеницы находились в критической стадии «гербицидной ямы». Через 48 часов после обработки в вариантах, где были использованы рострегулирующие препараты, отмечалось увеличение синтеза хлорофилла и, как следствие, восстановление биохимических процессов в растениях.

Стоит отметить, что в вариантах опыта «гербициды + регуляторы» показатель варьировал в интервале 304–324 йод., в то время как в контроле составлял 328 ед., а в варианте при применении только гербицидов – 283 ед. При оценке показаний прибора N-тестер на седьмые сутки после обработки была выявлена разница в 5% между контролем и вариантами «гербициды + регуляторы». Однако различие между контрольным вариантом и обработанными гербицидами составляло 36 ед., или 11%, что может свидетельствовать о наличии стресса у растений от применения гербицидов.

RESULTS AND DISCUSSION

The measurements of spring wheat leaves carried out using an N-tester showed that treatment of plants with herbicides significantly reduced the chlorophyll content in the leaves of wheat plants. The graph presented (Fig. 1) shows that 1 hour and 24 hours after treatment with herbicides, both in pure form and in a mixture with regulators, a sharp disruption of photosynthesis in the leaves of spring wheat occurred. It was found that 1 hour after treatment, the activity of photosynthesis decreased by 25–35 units, and after 24 hours by 20–60 units, compared to the control. It is worth noting that 24 hours after treatment in the variants: herbicides, herbicides + phytohormones, herbicides + silicon, spring wheat plants were in the critical stage of the "herbicide pit". 48 hours after treatment in the variants where growth-regulating preparations were used, an increase in chlorophyll synthesis was noted and, as a result, the restoration of biochemical processes in plants.

It should be noted that in the herbicide + regulator treatments, the indicator ranged from 304 to 324 units, while in the control treatment it was 328 units, and in the herbicide-only treatment it was 283 units. When assessing the N-tester readings on the 7th day after treatment, a 5% difference was found between the control and herbicide + regulator treatments. However, the difference between the control and herbicide-treated treatments was 36 units, or 11%, which may indicate stress in plants from the use of herbicides.

Treatment of plants with herbicides mixed with silicon, phytohormones, and humic substances significantly reduced overall plant height by 2.2–4.3 cm compared to the control. Wheat plant height in the

Табл. 1. Влияние рострегулирующих препаратов и гербицидов на морфометрические показатели яровой пшеницы

Table 1. The influence of growth-regulating preparations and herbicides on the morphometric parameters of spring wheat

Вариант Variant	Высота растений, см Plant height, cm	Кол-во колосьев на 1 сосуд, шт. Number of ears per vessel, pcs.	Длина колосьев, см Ear length, cm	Кол-во зерен в колосе, шт. Number of grains per ear, pcs.	Масса семян с 1 колоса, г Weight of seeds per ear, g
Контроль (без обработки) Control (no treatment)	51.4±0.5	27.6±0.2	7.6±0.2	17.3±0.2	0.62±0.03
Гербициды Herbicides	47.1±0.5	27.0±0.4	6.0±0.3	13.2±0.2	0.41±0.02
Гербициды + аминокислоты Herbicides + Amino Acids	50.8±0.4	27.7±0.3	7.5±0.1	16.4±0.3	0.58±0.02
Гербициды + гуминовые вещества Herbicides + Humic Substances	47.6±0.6	27.5±0.2	6.3±0.2	14.1±0.2	0.46±0.05
Гербициды + кремний Herbicides + Silicon	48.2±0.5	27.2±0.2	7.2±0.2	14.3±0.3	0.47±0.02
Гербициды + микроудобрения Herbicides + Micronutrients	51.1±0.6	27.1±0.3	7.4±0.3	15.5±0.4	0.53±0.04
Гербициды + фитогормоны Herbicides + Phytohormones	49.2±0.4	27.7±0.2	7.0±0.2	14.7±0.2	0.49±0.03
НСР Least significant difference (LSD)	2.26	0.14	0.41	0.21	0.04

Обработка растений гербицидами в смеси с кремнием, фитогормонами и гуминовыми веществами достоверно привела к снижению общей высоты растений на 2,2–4,3 см по сравнению с контролем. Высота растений пшеницы в вариантах с микроудобрениями составила 51,1 см, аминокислотами – 50,8 см, данные показатели находились на уровне контроля.

Количество колосьев в среднем по опыту составило 27,4 шт. на 1 сосуд (см. табл. 1). Наибольшее количество зерен в колосе отмечалось в контрольном варианте – 17,3 шт., а наименьшее при использовании гербицидов – 13,2 шт. На вариантах с применением гербицидов и в комбинации с фитогормонами, кремнием и гуминовыми веществами семена были заметно щуплые, а их масса с одного колоса составляла 0,41–0,49 г, что на 0,13–0,21 г меньше контрольных значений (0,62 г). На вариантах «гербициды + аминокислоты» и «гербициды + микроудобрения» масса семян с одного колоса была меньше контрольных значений на 0,05–0,08 г.

Достоверное влияние исследуемых факторов на зольность, ИДК и стекловидность не отмечено. Содержание белка 12,1–12,4% на варианте «контроль» и «гербициды + аминокислоты» соответствовал 3-му классу зерна. В остальных вариантах опыта содержание белка было на уровне 10,1–10,6%, что характеризовалось 4-м классом качества зерна. Самое низкое значение белка установлено на варианте «гербициды» (10,1%). То же самое можно отметить по содержанию жира в зерне. Наибольшее содержание жира установлено на варианте «без обработки» (1,9%), а наименьшее с обработкой гербицидами – 1,4%. Среди вариантов с рострегулирующими препаратами содержание жира в зерне варьировало в интервале 1,4–1,8%, где наибольшее значение установлено на варианте с аминокислотами.

micronutrient-treated variants was 51.1 cm, while that in the amino acid-treated variants was 50.8 cm, which was consistent with the control.

The average number of ears in the experiment was 27.4 pcs. per 1 vessel (see Table 1). The highest number of grains per ear was noted in the control variant – 17.3 pcs., and the lowest when using herbicides – 13.2 pcs. In the variants using herbicides and in combination with phytohormones, silicon and humic substances, the seeds were noticeably shriveled, and their weight per 1 ear was 0.41–0.49 g, which is 0.13 - 0.21 g less than the control value (0.62 g). In the variants herbicides + amino acids and herbicides + microfertilizers, the weight of seeds per 1 ear was less than the control values by 0.05–0.08 g.

No significant effect of the studied factors on ash content, gluten deformation index (GDI), and grain vitreousness was noted. The protein content of 12.1–12.4% in the control and herbicides + amino acids variants corresponded to grain quality class 3. In the other experimental variants, the protein content was at the level of 10.1–10.6%, which was characterized by grain quality class 4. The lowest protein value was found in the herbicide variant (10.1%). The same can be noted for the fat content in the grain. The highest fat content was found in the untreated variant – 1.9%, and the lowest – with herbicide treatment – 1.4%. Among the variants with growth-regulating preparations, the fat content in the grain varied in the range of 1.4–1.8%, where the highest value was found in the amino acid variant.

CONCLUSION

The results of the studies showed that herbicide treatment of plants resulted in a decrease in their productivity. Chloroplast activity, on average,

Вариант Variant	Показатели Indicators					
	Влаж- ность, % Humidity, %	Зола, % Ash, %	Белок, % Ash, %	Жир, % Fat, %	ИДК GDI	Стекло- видность, % Vitreousness, %
Контроль Control	14,3	1.8	12.4	1.9	74	51
Гербициды Herbicides	14,1	1.7	10.1	1.4	72	49
Гербициды + аминокислоты Herbicides + Amino Acids	14,6	1.8	12.1	1.8	73	50
Гербициды + гуминовые вещества Herbicides + Humic Substances	14,4	1.8	10.4	1.6	71	50
Гербициды + кремний Herbicides + Silicon	14,2	1.7	10.3	1.4	72	50
Гербициды + микроудобрения Herbicides + Micronutrients	14,0	1.8	10.6	1.8	73	51
Гербициды + фитогормоны Herbicides + Phytohormones	14,3	1.8	10.3	1.5	73	50
НСР Least significant difference (LSD)	0,68	0.02	0.64	0.06	0.01	0.06

Вариант Variant	Влаж- ность, % Humidity, %	Зола, % Ash, %	Белок, % Ash, %	Жир, % Fat, %	ИДК GDI	Стекло- видность, % Vitreousness, %
Контроль Control	9,6	1,8	11,2	1,9	74	51
Гербициды Herbicides	9,6	1,7	10,1	1,5	71	49
Гербициды + аминокислоты Herbicides + Amino Acids	10,5	1,8	10,9	1,8	73	50
Гербициды + гуминовые вещества Herbicides + Humic Substances	9,8	1,8	10,4	1,6	71	50
Гербициды + кремний Herbicides + Silicon	10,2	1,7	10,3	1,4	72	50
Гербициды + микроудобрения Herbicides + Micronutrients	10,1	1,8	10,5	1,8	73	51
Гербициды + фитогормоны Herbicides + Phytohormones	9,0	1,8	10,3	1,4	73	50

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований можно отметить, что обработка растений гербицидами привела к снижению их продуктивности. Активность хлоропластов в среднем за период наблюдений снижалась на 15%, масса зерна с одного колоса уменьшилась на 34%, и содержание белка снизилось на 2,3% по отношению к значениям, полученным в контроле.

Совместное использование гербицидов и рострегулирующих веществ на основе аминокислот и микроудобрений способно стабилизировать фотосинтетическую активность в листьях растений и поддержать продукционный процесс яровой пшеницы на фоне неблагоприятных погодных условий. Включение в баковую смесь гуминовых веществ, фитогормонов и кремния является неэффективным приемом для растений яровой пшеницы в условиях гербицидного стресса.

decreased by 15% over the observation period, grain weight per spike decreased by 34%, and protein content decreased by 2.3% compared to control values.

The combined use of herbicides and growth regulators based on amino acids and micronutrients can stabilize photosynthetic activity in plant leaves and support the production process of spring wheat under adverse weather conditions. Adding humic substances, phytohormones, and silicon to the tank mix is ineffective for spring wheat plants under herbicide stress.

The amino acid-based product (Panch) demonstrated the greatest stress-protective effect among growth-regulating agents. The results indicate that treating plants with herbicides in combination with amino acids minimizes the loss of chlorophyll in plant

Наибольшим стресспротекторным эффектом среди рострегулирующих препаратов обладал продукт на основе аминокислот (Панч). Полученные результаты свидетельствуют, что проведение обработки растений гербицидами совместно с аминокислотами позволяет минимизировать снижение хлорофилла в листьях растений, сохранить высоту растения и массу зерна, а также обеспечить содержание белка в зерне на уровне контрольных значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барков В.А., Ефрейторова Т.Э., Крылов В.А., Ашраф А.Ш. Оценка биологической эффективности баковых смесей гербицидов с регуляторами роста растений и удобрениями // Защита и карантин растений. 2025. № 3. С. 8–10.
2. Дворянкин Е.А. Стресс и адаптация к гербицидам растений сахарной свёклы / Е.А. Дворянкин // Сахар. – 2019. – № 2. – С. 38–43. – EDNYYNLWP.
3. Игнатенко В.А. Выбор пестицидов для сои: здесь нельзя ошибаться // Поле Августа. 2005. № 4. С. 5–6.
4. Крылова М.Ф., Крылов А.В., Волобуева О.Г., Белопухов С.Л. Эффективность жидких борных микроудобрений в технологии возделывания сои. Тимирязевский биологический журнал. 2024. № 2(4). С. 46–51.
5. Хозеева Е. В., Зими́на Ю.А., Срослова Г.А. Окислительный стресс растений: химия, физиология, способы защиты // Природные системы и ресурсы. – 2020. – Т. 10, № 4. – С. 30–43. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2020.4.4>
6. Gugala M.; Zarzecka K.; Dolega H.; Sikorska A. Weed Infestation and Yielding of Potato Under Conditions of Varied Use of Herbicides and Bio-Stimulants. J. Ecol. Eng. 2018, 19, 191–196.
7. Motamedi M.; Zahedi, M.; Karimmojeni H.; Motamedi H.; Mastinu A. Effect of Rhizosphere Bacteria on Antioxidant Enzymes and Some Biochemical Characteristics of Medicago sativa L. Subjected to Herbicide Stress. Acta Physiol. Plant. 2022, 44, 84.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ашраф Амина Шахидовна, бакалавр РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия; *e-mail: aschrafafina@gmail.com*

Ефрейторова Татьяна Эдуардовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник группы гербицидов АО «Фирма «Август», Московская обл., г. Черноголовка, Россия; *e-mail: t.efreytorova@avgust.com*

Крылова Марина Федоровна, специалист, ФНЦ «ВНИТИП» г. Сергиев Посад, Россия; *e-mail: mari-masalova@yandex.ru*

Жарких Ольга Андреевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии, РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия; *e-mail: o.a.zharkikh@rgau-msha.ru*

leaves, maintains plant height and grain weight, and ensures grain protein content remains within control levels.

REFERENCES

1. Barkov V.A., Efreitorova T.E., Krylov V.A., Ashraf A.Sh. Evaluation of the biological efficiency of tank mixtures of herbicides with plant growth regulators and fertilizers [Otsenka biologicheskoy effektivnosti bakovykh smesey gerbitsidov s regulyatorami rosta rasteniy i udobreniyami] // Plant Health and Quarantine. 2025; 3: 8–10. (In Russ.)
2. Dvoryankin E. A. Stress and adaptation of sugar beet plants to herbicides [Stress i adaptatsiya k gerbitsidam rasteniy sakharnoy svokly] / E. A. Dvoryankin // Sakhar. – 2019; 2: 38-43. – EDN YYNLWP. (In Russ.)
3. Ignatenko V.A. Selecting pesticides for soybeans: you can't make a mistake here [Vybor pestitsidov dlya soi: zdes nelzya oshibatsya] // Field of August. 2005; 4: 5–6. (In Russ.)
4. Krylova M.F., Kylov V.A., Volobueva O.G., Belopukhov S.L. Efficiency of liquid boron microfertilizers in soybean cultivation technology [Effektivnost zhidkikh bornykh mikroudobreniy v tekhnologii vozdeleyvaniya soi]. Timiryazev Biological Journal. 2024; 2(4): 46–51. (In Russ.)
5. Khozeeva E.V., Zimina Yu.A., Sroslova G.A. Oxidative Stress of Plants: Chemistry, Physiology, Methods of Protection. [Okislitelnyy stress rasteniy: khimiya, fiziologiya, sposoby zashchity] // Natural Systems and Resources, 2020; 10(4): 30–43. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2020.4.4> (In Russ.)
6. Gugala M.; Zarzecka K.; Dolega H.; Sikorska A. Weed Infestation and Yielding of Potato Under Conditions of Varied Use of Herbicides and Bio-Stimulants. J. Ecol. Eng. 2018, 19, 191–196.
7. Motamedi M.; Zahedi, M.; Karimmojeni H.; Motamedi H.; Mastinu A. Effect of Rhizosphere Bacteria on Antioxidant Enzymes and Some Biochemical Characteristics of Medicago sativa L. Subjected to Herbicide Stress. Acta Physiol. Plant. 2022, 44, 84.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

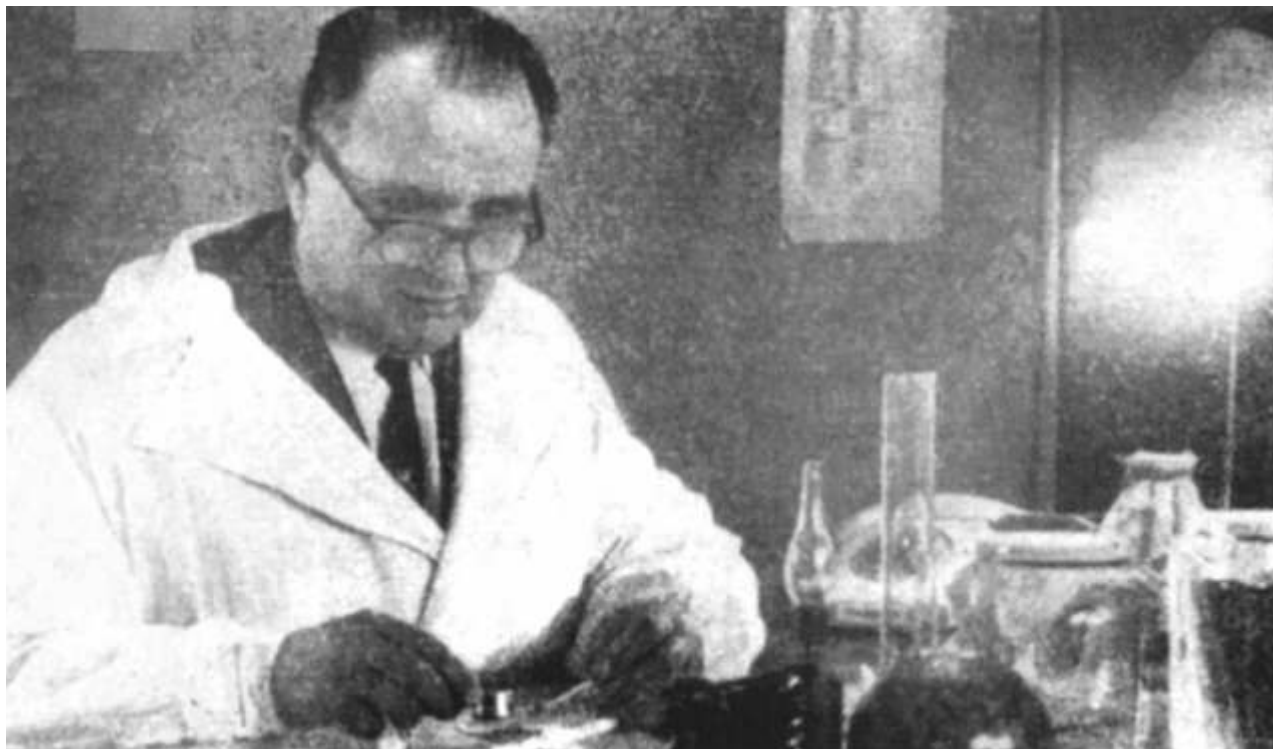
Amina Ashraf, Bachelor of Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia; *e-mail: aschrafafina@gmail.com*

Tatyana Efreitorova, PhD in Agriculture, Senior Researcher, Herbicide Group, Avgust, Moscow Oblast, Chernogolovka, Russia; *e-mail: t.efreytorova@avgust.com*

Marina Krylova, Specialist, All-Russian Scientific Research and Technological Institute of Poultry Farming, Sergiev Posad, Russia; *e-mail: mari-masalova@yandex.ru*

Olga Zharkikh, PhD in Biology, Associate Professor of the Chemistry Department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia; *e-mail: o.a.zharkikh@rgau-msha.ru*

К 120-летию Алексея Кузьмича Маркина



Алексей Кузьмич Маркин – основоположник карантинной фумигации в нашей стране. Он в течение 15 лет заведовал отделом токсикологии Центральной научно-исследовательской лаборатории по карантину растений (ЦНИЛК). Эта лаборатория стала предшественницей ФГБУ «ВНИИКР».

Алексей Кузьмич впервые провел обеззараживание подкарантинных грузов в трюмах судна, после чего эту процедуру стали проводить во всех портах Советского Союза. На основании его работ была подготовлена Инструкция по обеззараживанию подкарантинных грузов в трюмах судов, согласованная с Минздравом и утвержденная Минсельхозом СССР.

А. К. Маркин разработал и внедрил в практику работ фумигационных отрядов вакуумное и безвакуумное обеззараживание фруктов, овощей и цитрусовых от карантинных вредителей, а также карантинное фитосанитарное обеззараживание подкарантинной продукции в штабелях и подпалатками из синтетических пленок.

В практику работ карантинных фумигационных отрядов им было внедрено применение формулы эффективности – произведение концентрации фумиганта на время воздействия. Эта формула применялась во всех фумигационных отрядах при работах по карантинному обеззараживанию. В настоящее время эта формула применяется в описаниях режимов карантинного фитосанитарного обеззараживания, приведенных в Реестре пестицидов, разрешенных к применению в Российской Федерации.

Алексей Кузьмич организовал и широко проводил курсы повышения квалификации специалистов фумигационных отрядов в Москве, Ленинграде, Одессе, Баку. Многих работников карантина растений он обучил основам фумигации и химической борьбы с опасными вредителями.

А. К. Маркин является автором около 100 опубликованных научных работ, которые не потеряли актуальности сегодня.

Я. Б. Мордкович,
ведущий научный сотрудник
ФГБУ «ВНИИКР»,
ветеран карантинной службы

Здесь может быть ваша статья!

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

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

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

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

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

Your article can be here!

The journal “Plant Health and Quarantine” invites authors to publish their research papers
Scan for further information →



ЗАДАЧИ ЖУРНАЛА

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

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫМ СТАТЬЯМ

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

СТРУКТУРА ПРЕДОСТАВЛЯЕМОЙ СТАТЬИ*

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

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

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

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

Адрес: 140150, Россия, Московская область, м. о. Раменское, пгт 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,
м. о. Раменское, пгт Быково,
ул. Пограничная, д. 32

Тел./факс:
8 (499) 707-22-27

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