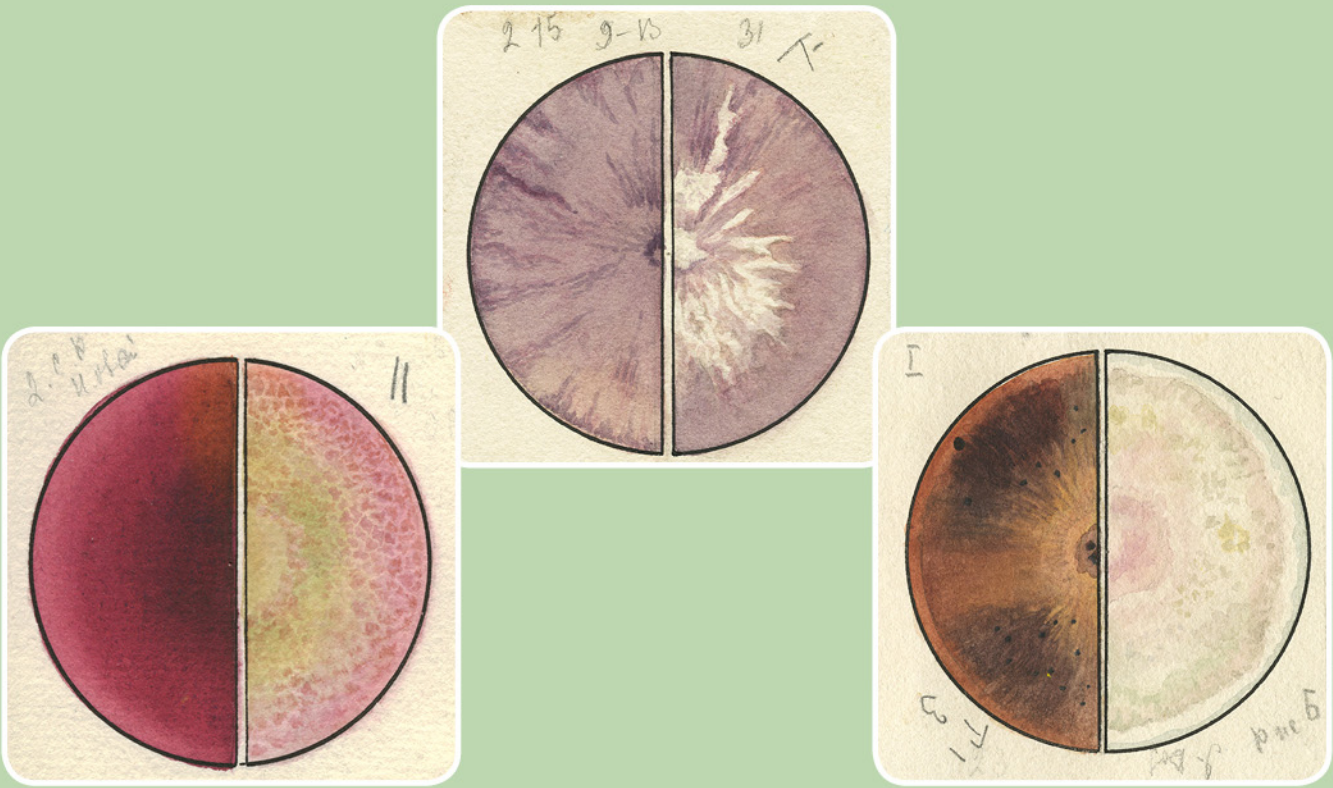
ISSN 1727-1320 (Print),
ISSN 2308-6459 (Online)

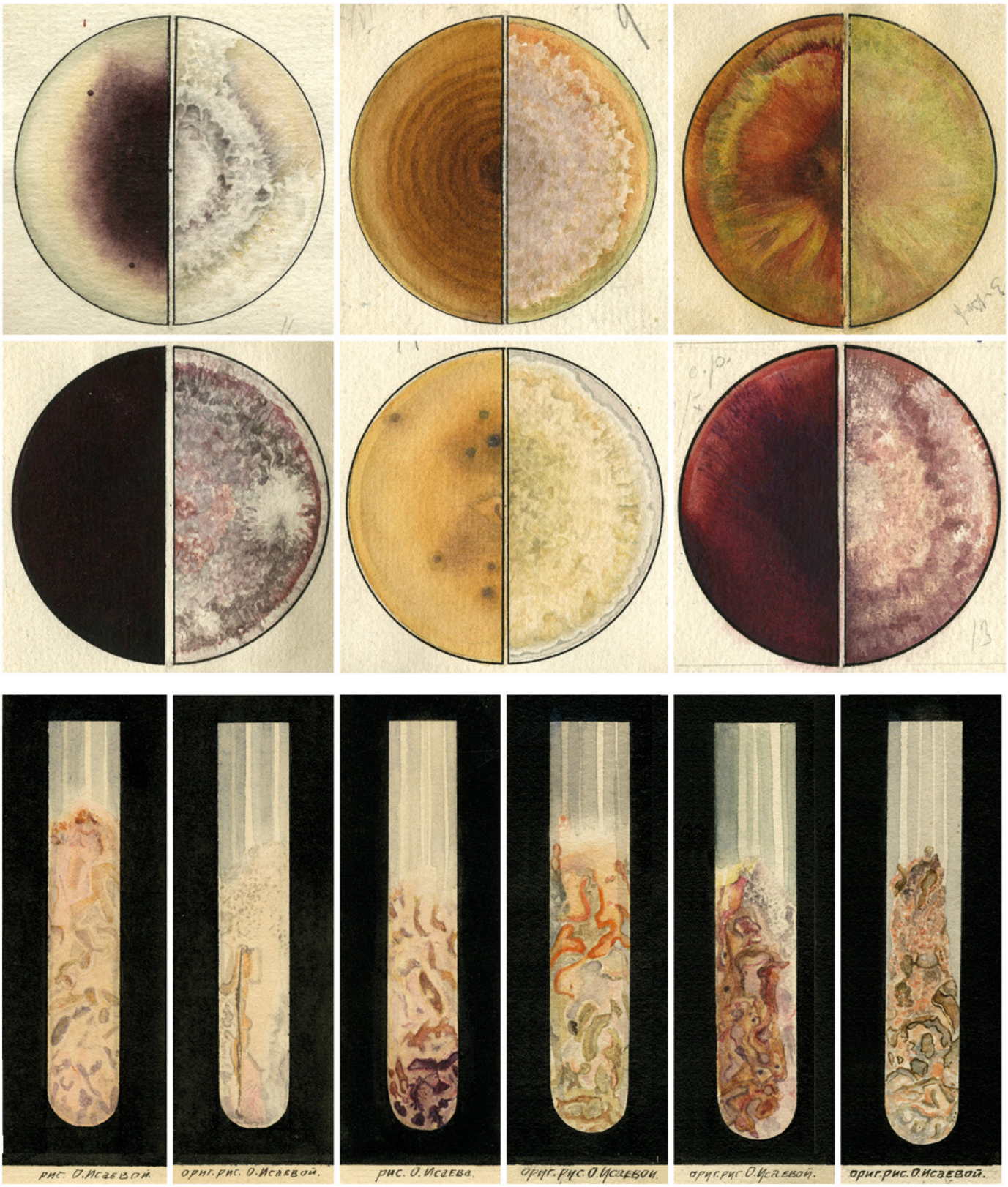
ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

2025 ТОМ VOLUME 108 ВЫПУСК ISSUE 2



Санкт-Петербург
St. Petersburg, Russia



Для оформления обложки использованы хранящиеся в Гербарии LEP (ВИЗР) акварельные рисунки культур грибов, которые были подготовлены А.И. Райлло для публикации в монографии «Грибы рода Фузариум» (1950). Акварельные рисунки исполнены художницами О. Исаевой (в 1930-1931 гг.) и Т.Н. Швиндт (1932 г). Сохранившиеся в Гербарии LEP 37 рисунков грибов *Fusarium* в чашках Петри и 80 – в пробирках не были помещены в монографию. Нахождение опубликованных 24 цветных и 79 черно-белых рисунков грибов в пробирках неизвестно.

К статье Т.Ю. Гагкаевой (стр. 60–77).

The cover design is based on the watercolor drawings of fungal cultures stored in the LEP Herbarium (VIZR), which were prepared by A.I. Raillo for publication in the monograph «Fungi of the genus *Fusarium*» (1950). The watercolor drawings were made by the artists O. Isaeva (in 1930-1931) and T.N. Shvindt (1932). The surviving in the LEP Herbarium 37 drawings of *Fusarium* fungi in Petri dishes and 80 in test tubes were not included in the monograph. The location of the published 24 color and 79 black-and-white drawings of cultures in test tubes is unknown.

To the article by T.Yu. Gagkaeva (p. 60–77).

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
“Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений”
(ФГБНУ ВИЗР)

All-Russian Institute of Plant Protection

ISSN 1727-1320 (Print),
ISSN 2308-6459 (Online)

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

2025 ТОМ VOLUME 108 ВЫПУСК ISSUE 2

Санкт-Петербург
St. Petersburg, Russia
2025

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Научно-теоретический рецензируемый журнал
Основан в 1939 г.
Издание возобновлено в 1999 г.

Учредитель: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ВИЗР)

Зарегистрирован в ГК РФ по печати № 017839 от 03 июля 1998 г.

Главный редактор: В.А. Павлюшин
Зам. гл. редактора: И.А. Белоусов, Ю.С. Токарев
Ответственный секретарь: А.Г. Конончук
Технический секретарь: С.Г. Удалов
Редакторы англоязычных текстов: Белоусов И.А., Токарев Ю.С.

Журнал «Вестник защиты растений» (ISSN: 1727-1320) включен в «Перечень изданий ВАК РФ» по следующим научным специальностям и отраслям науки:

1.5.14 – Энтомология (биологические науки),
1.5.18 – Микология (биологические и сельскохозяйственные науки),
4.1.1 – Общее земледелие. Растениеводство (биологические и сельскохозяйственные науки),
4.1.2 – Селекция, семеноводство и биотехнология растений (биологические и сельскохозяйственные науки),
4.1.3 – Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (биологические и сельскохозяйственные науки)

Индексируется в RSCI & Scopus

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Афанасенко О.С., дбн, академик РАН, ВИЗР
Белоусов И.А., кбн, ВИЗР
Белякова Н.А., кбн, ВИЗР
Власов Д.Ю., дбн, СПбГУ
Ганнибал Ф.Б., кбн, ВИЗР
Гричанов И.Я., дбн, ВИЗР
Дзянь Синьфу, профессор, КНР
Долженко В.И., дсхн, академик РАН, ВИЗР
Егоров Е.А., дэн, академик РАН, СКФНЦСиВ
Игнатов А.Н., дбн, РУДН
Косман Е., профессор, Израиль
Каракотов С.Д., дхн, академик РАН, ЗАО “Щелково Агрохим”
Краснов Ч., PhD, Израиль
Кюссон М., PhD, Канада
Лаврищев А.В., дсхн, СПбГАУ
Лаптиев А.Б., дбн, ООО “ИЦЗР”
Лунева Н.Н., дбн, ВИЗР
Лысов А.К., ктн, ВИЗР
Мавроди Д., профессор, США
Мехрабади М., PhD, Иран
Намятова А.А., кбн, ЗИН
Новикова И.И., дбн, ВИЗР
Павлюшин В.А., дбн, академик РАН, ВИЗР
Радченко Е.Е., дбн, ВИР
Савченко И.В., дбн, академик РАН, ВИЛАР
Санин С.С., дбн, академик РАН, ВНИИФ
Сидельников Н.И., дсхн, академик РАН, ВИЛАР
Синев С.Ю., дбн, ЗИН
Соколова Ю.Я., дбн, США
Сорока С.В., дсхн, профессор, Белоруссия
Сухорученко Г.И., дсхн, ВИЗР
Ули-Маттила Т., профессор, Финляндия
Токарев Ю.С., дбн, ВИЗР
Упадышев М.Т., дбн, член-корреспондент РАН, РГАУ-МСХА
Фролов А.Н., дбн, ВИЗР
Хлесткина Е.К., дбн, ВИР
Шамшев И.В., кбн, ЗИН
Шпанев А.М., дбн, АФИ

Ответственные редакторы выпуска:
Афанасенко О.С., Белоусов И.А., Ганнибал Ф.Б., Сухорученко Г.И., Токарев Ю.С.

Россия, 196608, Санкт-Петербург – Пушкин, шоссе Подбельского, 3, ВИЗР
Email: vestnik@vizr.spb.ru
https://plantprotect.ru

Содержимое данного выпуска распространяется на условиях Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

Полнотекстовые обзоры / Full-text reviews

Вклад российских и советских ученых в таксономию грибов рода *Fusarium*
Т.Ю. Гагкаева
Contribution of Russian and Soviet scientists to the taxonomy of *Fusarium* fungi
T.Yu. Gagkaeva 60

Мини-обзоры / Mini-reviews

Перспективы сотрудничества России и Китая в области изучения молекулярной природы резистентности членистоногих вредителей к пестицидам
Е.С. Окулова, Д.А. Емельянов, И. Хэ, С. Цзян, Т.В. Матвеева
Prospects for cooperation between Russia and China in studying the molecular mechanisms underlying arthropod pests' resistance to pesticides
E.S. Okulova, D.A. Emelyanov, Y. He, X. Jiang, T.V. Matveeva 78

Overview of the Diseases of *Dracaena trifasciata* (Asparagales: Asparagaceae)
M.M.R. Alberca, T.M. Cuenca, G.O. Morta, Y.F. Ocaña, Y.L.D. Peneyra, M.A.O. Balendres
Обзор болезней *Dracaena trifasciata* (Asparagales: Asparagaceae)
М.М.Р. Альберка, Т.М. Куэнка, Г.О. Морта, И.Ф. Оканья, Ю.Л.Д. Пенейра, М.А. Балендрес 90

Полнотекстовые статьи / Full-text articles

Поврежденность зерна озимой и яровой мягкой пшеницы вредной черепашкой *Eurygaster integriceps* и пшеничным трипсом *Haplothrips tritici* в условиях лесостепи Нижнего Поволжья
Е.А. Вихрова
Damage to winter and spring soft wheat grains by the Sunn pest *Eurygaster integriceps* and the wheat thrips *Haplothrips tritici* in the forest-steppe zone of the Lower Volga Region
E.A.Vikhrova 98

Краткие сообщения / Short Communications

Разработка и применение мультиплексной ПЦР для идентификации трёх видов грибов рода *Parastagonospora*, распространенных в России
И.А. Казарцев, Ю.В. Зеленева
Development and application of multiplex PCR for identification of three fungal species of the genus *Parastagonospora* widespread in Russia
I.A. Kazartsev, Yu.V. Zeleneva 107

Первая находка гриба *Septogloeum sojae* на сое в России
Е.Л. Гасич, М.М. Гомжина, А.С. Орина, Л.Б. Хлопунова, Ф.Б. Ганнибал
The first report of the fungus *Septogloeum sojae* on soybean in Russia
E.L. Gasich, M.M. Gomzhina, A.S. Orina, L.B. Khlopunova, Ph.B. Gannibal 112

Оценка пригодности яиц *Lucilia sericata* (Diptera, Calliphoridae) в качестве корма для разведения хищного клопа *Macrolophus pygmaeus* (Heteroptera, Miridae)
Д.П. Канайкин, И.М. Пазюк, А.П. Несин, Ю.С. Токарев
Evaluation of *Lucilia sericata* (Diptera, Calliphoridae) eggs as a food for the predatory bug *Macrolophus pygmaeus* (Heteroptera, Miridae)
D.P. Kanaykin, I.M. Pazyuk, A.P. Nesin, Y.S. Tokarev 117

Rearing of the beet webworm *Loxostege sticticalis* (Lepidoptera: Crambidae) under laboratory conditions using an artificial diet
E.A. Chertkova, A.A. Alekseev
Культивирование лугового мотылька *Loxostege sticticalis* (Lepidoptera: Crambidae) в лабораторных условиях с использованием искусственной питательной среды
Е.А. Черткова, А.А. Алексеев. 123

Редакторские заметки / Editorial

Вторая международная конференция «Перспективы развития производства и переработки клубневых и корнеплодных культур (Корнеплоды и клубни – 2025)»
The Second International Conference "Prospects for the Development of Production and Processing of Tuber and Root Crops (Root Crops and Tubers – 2025)" 127

Система электронного редактирования журнала «Вестник защиты растений»
Electronic editing system of the journal "Plant Protection News" 128

OECD+WoS: 1.06+RQ (Mycology); 1.06+QU (Microbiology) https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-2-17007

Полнотекстовый обзор

ВКЛАД РОССИЙСКИХ И СОВЕТСКИХ УЧЕНЫХ В ТАКСОНОМИЮ ГРИБОВ РОДА *FUSARIUM*

Т.Ю. Гагкаева*

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

**ответственный за переписку, e-mail: t.gagkaeva@mail.ru*

В данном обзоре представлена информация об исследователях, имеющих российское происхождение и внёсших существенный вклад в таксономию грибов *Fusarium* – тех, кто описал новые виды или способствовал их классификации и вошел в список авторов таксонов данного рода. Ученые, работавшие в прежние века, не владели современными методами, но обладали глубокими научными воззрениями, и их профессиональная компетентность сформировала глобализирующую основу для таксономических достижений в микологии в настоящее время. Отмечается ценность оставленного ими наследия, включающего принципы и методы исследования, печатные работы, сотни гербарных образцов. Современная таксономия грибов рода *Fusarium* представляет собой синтез информации, полученной предшествующими учеными на основе анализа морфометрического разнообразия, и новых данных, полученных с использованием филогенетического анализа мультилокусных последовательностей ДНК. В результате, классификация грибов рода *Fusarium* переживает этап бурного развития, идёт активное описание новых филогенетических видов и, хотя многие ранее выявленные таксоны утратили легитимность, это не снижает ценность информации, полученной на начальных этапах становления классификации данной группы грибов. Несмотря на обширную таксономическую работу по грибам рода *Fusarium*, разнообразие и структура рода все еще остаются слабо изученными, а о распространении, биологии и генетике подавляющего большинства видов известно немного, невзирая на хорошо известную важную роль этих организмов в природе. Формально описанные таксоны *Fusarium* представляют лишь незначительную долю предполагаемого видового разнообразия, и будущие исследования позволят значительно расширить представления о биоразнообразии грибов, их экологических функциях и вредоносности для сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: история науки, классификация, микология, научное знание, преемственность

Поступила в редакцию: 12.04.2025 *Принята к печати: 14.07.2025*

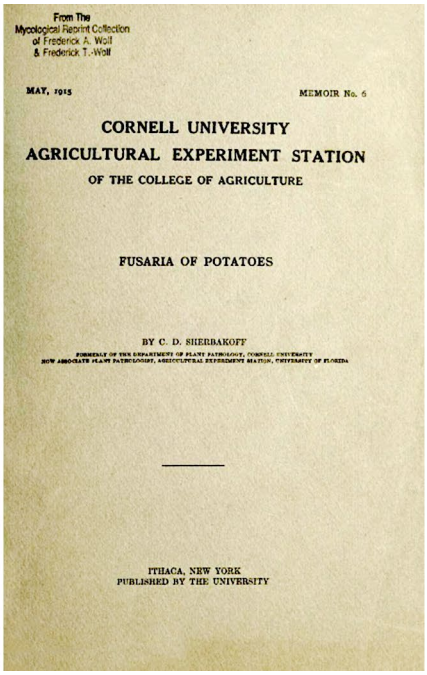
История классификации грибов рода *Fusarium* связана с попытками исследователей создать удобную и логичную систему, отражающую родственные связи между таксонами, установить и описать их разнообразие и свойства. В данном обзоре хотелось бы подчеркнуть роль российских (советских) исследователей, внёсших значительный вклад в классификацию этой группы грибов. Их работы способствовали развитию микологии и привели к описанию новых видов *Fusarium* – этой полиморфной и сложной для изучения группы грибов.

И начать следует с **Щербакова Константина Дмитриевича** (Sherbakoff Constantine Demetry, [1878–1965], американского исследователя русского происхождения, одного из первых активно включившихся в изучение фузариевых грибов (рис. 1). В 1901 году Щербаков К.Д. окончил Херсонское земское сельскохозяйственное училище, работал лесником под С.-Петербургом, а в 1907 году приехал в США (по его автобиографии, написанной в США). Там он получил степень кандидата наук по патологии растений и продолжил работу в Корнелльском университете. Щербаков К.Д. опубликовал книгу «Фузариозы картофеля» (Sherbakoff, 1915), где очень подробно описал, зарисовал и привёл цветные фотографии 57 видов грибов *Fusarium* и их 24 вариантов. И хотя принято считать, что базовой таксономической системой грибов этого рода служит работа немецких микологов (Wollenweber, Reinking, 1935), но подача информации, стиль описания грибов, рисунки и фотографии, опубликованные К.Д. Щербаковым, явно были использованы как ориентир в более поздних публикациях других авторов, вплоть до современных. Список используемой литературы в книге составил в то время всего 15 источников.

С 1914 по 1920 гг. К.Д. Щербаков работал на Экспериментальной станции во Флориде, изучая болезни цитрусовых, затем стал руководителем Департамента защиты растений сельскохозяйственной экспериментальной станции Университета Теннесси. Удивляет широта интересов и успешность исследований этого великого американского фитопатолога русского происхождения. Кроме заболеваний картофеля фузариозной этиологии, он изучал болезни пшеницы, кукурузы, хлопчатника, томатов; впервые выявил возбудителя фитофтороза томатов, описанного как *Phytophthora terrestris* Sherb. (1917) = *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan (1896); впервые установил патогенность гриба *Verticillium albo-artrum* Reinke & Berthold, вызывающего заболевание хлопчатника, которое ранее принимали за фузариоз из-за схожести симптомов; его устойчивые к стеблевой ржавчине линии пшеницы были использованы в селекционных программах; продвигал биологический метод подавления почвенных патогенов и выявил много нового при изучении нематодных болезней растений (Reed, 1968).

© Гагкаева Т.Ю. Статья открытого доступа, публикуемая Всероссийским институтом защиты растений (Санкт-Петербург) и распространяемая на условиях Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

1



From The
Mycological Reprint Collection
of Frederick A. Wolf
& Frederick T. Wolf

MAY, 1915 MEMOIR No. 6

CORNELL UNIVERSITY
AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION
OF THE COLLEGE OF AGRICULTURE

FUSARIA OF POTATOES

BY C. D. SHERBAKOFF

ITHACA, NEW YORK
PUBLISHED BY THE UNIVERSITY

2

Рисунок 1. (1) Щербаков Константин Дмитриевич;
(2) Sherbakoff, 1915. Обложка книги и таблица с фотографиями культур грибов, стр. 198

Figure 1. (1) Sherbakoff Constantine Demetry;
(2) Sherbakoff, 1915. The cover of book and table with the photographs of cultures of *Fusarium* spp., p. 198

На сайте MycoBank опубликовано 66 таксономических единиц, в авторстве которых встречается имя Sherbakoff (Sherb.). При всей широте его профессиональных интересов, он до конца своей жизни активно занимался классификацией грибов рода *Fusarium*. Щербаков К.Д. проводил совместные исследования с крупнейшим немецким систематиком H.W. Wollenweber. В том числе, они участвовали в работе первой конференции по грибам *Fusarium*, которая была проведена в августе 1924 г. в Университете Висконсин (США) (Wollenweber et al., 1925). Опираясь на накопленный материал, этот талантливый ученый описал 19 новых видов, среди них прежде всего следует назвать такие широко известные грибы, как *F. sporotrichioides* Sherb., *F. arthrosporioides* Sherb., *F. bullatum* Sherb. и *F. tumidum* Sherb. Константин Дмитриевич Щербаков выделил три секции рода *Fusarium*: *Arthrosporiella* Sherb. (1915), а также *Liseola* и *Spicarioides* Wollenweber, Sherbakoff, Reinking, Johann et Bailey (1925) в соавторстве.

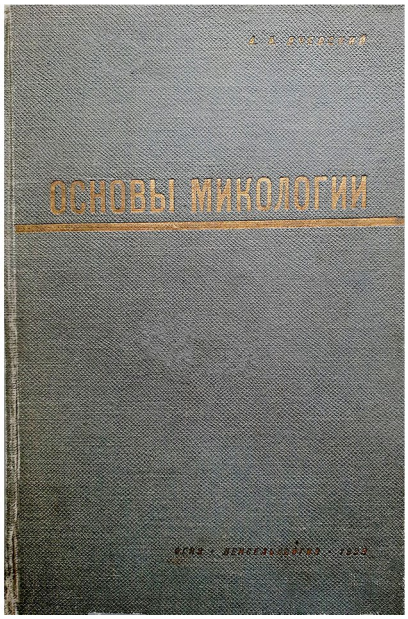
Ячевский Артур Артурович [1863–1932] один из первых в России исследователей занялся изучением видового разнообразия фитопатогенных грибов, в том числе и рода *Fusarium* (рис. 2). Ячевский А.А. происходил из дворянского рода Голицыных, родился в Гжатском уезде Смоленской губернии (Радзик, 2013). Получив домашнее образование, дальнейшее обучение он проходил в Швейцарии, где слушал лекции при академии в Лозанне (теперь — Университет) и в Бернском Университете на естественном факультете. Посещал также лекции в университетах Германии и Франции. Работал за границей под руководством швейцарского ученого Эдварда Фишера (Eduard Fischer, 1861–1939), ботаника и миколога. До 1895 года он жил в Швейцарии, затем вернулся в Россию, где с 1896 года начал работать в Санкт-Петербургском ботаническом саду.

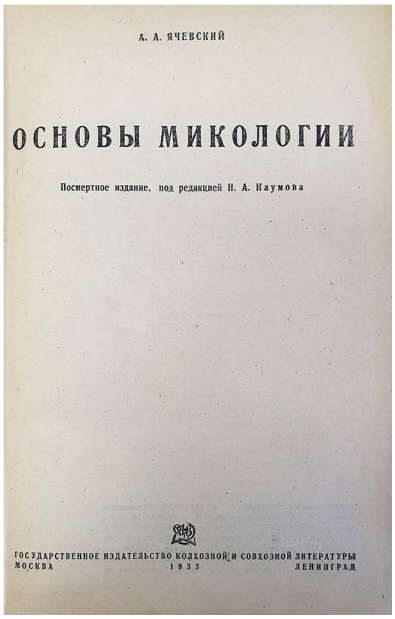
С жизнью и деятельностью профессора А.А. Ячевского связано развитие микологии и фитопатологии в России. Артур Артурович положил начало изучению болезней растений, микофлористическим исследованиям, выявлению патогенов и способов борьбы с ними. По инициативе А.А. Ячевского в 1907 году Главным Управлением Министерства земледелия в Санкт-Петербурге была утверждена новая лаборатория, получившая официальное название «Бюро по микологии и фитопатологии». В 1924 г., в связи с 35-летним юбилеем научной деятельности ученого, Бюро по микологии и фитопатологии было преобразовано в Лабораторию по микологии и фитопатологии им. профессора А.А. Ячевского. В 1929 году Лаборатория вошла в состав созданного тогда же Всесоюзного института защиты растений, а руководство ею возглавил ученик А.А. Ячевского – Наумов Николай Александрович.

Преданность науке и увлеченность были характерны для А. А. Ячевского; он умел зажечь интерес к решению исследовательских задач работающих с ним коллег. По воспоминаниям его сотрудников, Артур Артурович гордился приоритетом лаборатории, освоившей методику выделения грибов в чистую культуру. Именно при нем была заложена первая коллекция грибов рода *Fusarium* в России (Дмитриев, 2013).

Артур Артурович Ячевский выявил и определил значительное количество новых видов. На сайте MycoBank найдено 761 название таксонов различного уровня, описанных А.А. Ячевским. В 1912 году он описал четыре вида рода *Fusarium*: *F. neglectum* Jacz. на кукурузе из Полтавы (син. *F. sambucinum s. lato*), *F. palczewskii* Jacz. на колосьях ржи, которые собрал на Дальнем Востоке Пальчевский Н.А.,

1





2

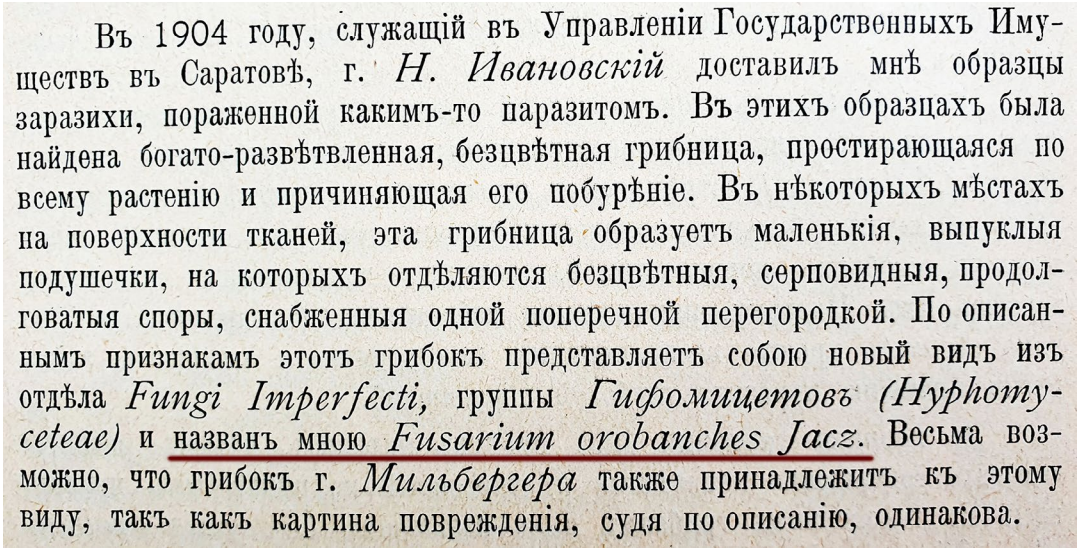
Рисунок 2. (1) Ячевский Артур Артурович; (2) Ячевский А.А., 1933. Обложка и титульный лист книги

Figure 2. (1) Arthur Arturovich Jaczewski; (2) Jaczewski A.A., 1933. The cover and title page of book

F. secalis Jacz. (син. *F. nivale* Ces. ex Berl. & Voglino 1886) (Jaczewski, 1912). Четвертый вид [*F. pseudoheterosporum* Jacz. (син. *F. avenaceum* (Fr.) Sacc)] выделен из колосьев пшеницы абиссинской (*Triticum abyssinicum* Vavilov), собранных Вавиловым Н.И. в 1928 году в Краснодарском крае (Гулькевичский район). Неотип этого вида хранится в Гербарии LEP лаборатории микологии и фитопатологии Всероссийского института защиты растений (ВИЗР).

Для микологов того времени было характерно описание новых видов и их наименование в соответствии с названием растения, из которого этот гриб был выделен. Следуя этому, в 1912 году был описан вид *F. orobanches* Jacz. из больных растений заразихи (*Orobanche* sp.), собранных в Саратовской области. В том же 1912 г. А.А. Ячевский описал *F. trifolii* Jacz. (син. *F. oxysporum* var. *trifolii* (Jacz.) Raillo, *F. oxysporum* f.sp. *trifolii* (Jacz.) Bilai). Часто описание новых видов было столь скудным, что в настоящее время большинство видовых названий обозначают или нелегитимными, или синонимами. Сегодня можно только удивиться минимальному объёму информации, который приводился при описании нового вида, например, *F. orobanches* (рис. 3).

Однако А.А. Ячевский очень хорошо понимал ограниченность такого подхода и писал в 1913 году: «… показано, что определение видов этого рода [*Fusarium*] не может быть основано только на изучении культуральных особенностей и что виды, определенные предшествующими авторами, являются в конечном итоге всего лишь искусственными группами, включающими некоторое количество типов, зачастую весьма гетерогенных» (Jaszewski, 1913). Пристальное внимание проф. А.А. Ячевский уделял вопросам видообразования и филогении грибов, в том числе опубликовал очень интересную работу «К филогенетике грибов» (Ячевский, 1927), которую можно отнести



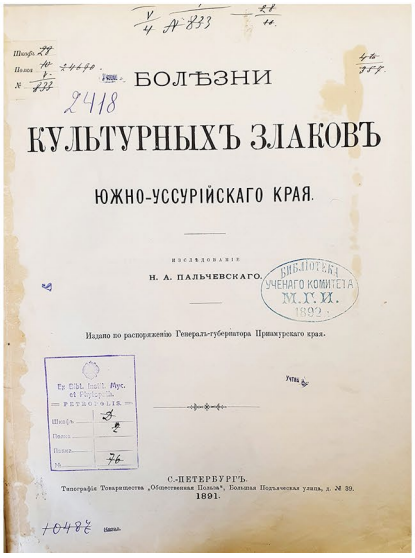
Въ 1904 году, служащій въ Управленіи Государственныхъ Имуществъ въ Саратовѣ, г. *Н. Ивановскій* доставилъ мнѣ образцы заразихи, пораженной какимъ-то паразитомъ. Въ этихъ образцахъ была найдена богато-развѣтвленная, безцвѣтная грибница, простирающаяся по всему растенію и причиняющая его побурѣніе. Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ на поверхности тканей, эта грибница образуетъ маленькія, выпуклыя подушечки, на которыхъ отдѣляются безцвѣтныя, серповидныя, продолговатыя споры, снабженныя одной поперечной перегородкой. По описаннымъ признакамъ этотъ грибокъ представляетъ собою новый видъ изъ отдѣла *Fungi Imperfecti,* группы *Гифомицетовъ (Hyphomyceteae)* и названъ мною *Fusarium orobanches Jacz.* Весьма возможно, что грибокъ г. *Мильбергера* также принадлежитъ къ этому виду, такъ какъ картина поврежденія, судя по описанію, одинакова.

Рисунок 3. Описание нового вида *Fusarium orobanches* (Ячевский, 1912)

Figure 3. Description of a new species *Fusarium orobanches* (Jaczewski, 1912)

к одной из первых публикаций на эту столь актуальную в настоящее время тему. В 1933 году, уже после смерти А.А. Ячевского, который до последнего дня жизни вносил правки в корректуру, вышел большой труд «Основы микологии» (Ячевский, 1933). В ней обобщены известные на тот момент знания и методы работы с грибами, многие из которых актуальны до сих пор.

Ячевский А.А. был вовлечен в изучение проблемы фузариоза зерна – заболевания, которое тогда было чрезвычайно распространено на Дальнем Востоке. В то время ботаник, учёный-лесничий из Южно-Уссурийского края **Пальчевский Николай Александрович** [1862–1909] получил в 1888 году задание исследовать причины массового отравления людей и животных на Дальнем Востоке, вызванного употреблением зерна, так называемого «пьяного хлеба» (рис. 4). В течение года он посетил многие земледельческие районы Приморья, собрал обширный гербарный материал хлебных злаков, и, в отсутствие микологического образования, обратился за помощью к **Воронину Михаилу Степановичу** [1838–1903] — русскому ботанику, авторитетному ученому в области альгологии и микологии, работавшему в Санкт-Петербургском университете.



1 2

Рисунок 4. (1) Пальчевский Николай Александрович;
(2) Пальчевский Н.А., 1891. Титульный лист книги и таблица с иллюстрациями

Figure 4. (1) Palchevsky Nikolay Alexandrovich; (2) Palchevsky N.A., 1891.The title page of book and table with the drawings

Воронин М.С., проведя анализ присланного ему растительного материала, предположил, что причиной «пьяного хлеба» выступает гриб *F. roseum* Link с сумчатой стадией *Gibberella saubinetii* (Durieu & Mont.) Sacc. (современное название *F. graminearum* Schwabe с сумчатой стадией *G. zeae* (Schwein.) Petch) (Воронин, 1890–1892). В дальнейшем Пальчевский Н.А. написал книгу, которая вышла в Петербурге в 1891 году под названием «Болезни культурных злаков Южно-Уссурийского края», в которой подробно описаны заболевания и приведены уникальные рисунки симптомов и микроструктур выявленных грибов (Пальчевский, 1891).

Через некоторое время, М.С. Воронин предложил А.А. Ячевскому продолжить изучение проблемы «пьяного хлеба» (Ячевский, 1904), а тот в свою очередь поручил исследования своему ученику **Наумову Николаю Александровичу** [1888–1959] (рис. 5). Наумов Н.А. в 1910 г. после окончания университета поступил практикантом на работу в Бюро по микологии и фитопатологии, организованном и руководимым проф. А.А. Ячевским, с 1912 г. – в качестве ассистента, затем с 1917 г. – ученого специалиста (Новотельнова, Потлайчук, 2000). В 1912 г. Наумов Н.А. был командирован на Дальний Восток А.А. Ячевским по просьбе Департамента земледелия, его подробные исследования изложены в книге «Пьяный хлеб. Наблюдения над несколькими видами р. *Fusarium*» (Наумов, 1916). В книге столь детально, аргументировано и профессионально честно описаны разные аспекты этой проблемы, что она до сих пор читается с интересом и пользой. В предисловии этой книги Наумов Н.А. написал: «Главным инициатором исследования был Заведующий Бюро А.А. Ячевский; постоянно пользуясь его содействием, я считаю себя очень обязанным и прошу глубокоуважаемого Артура Артуровича принять мою почтительную признательность». Несколько образцов колосьев с симптомами фузариоза, собранных Пальчевским Н.А. и Наумовым Н.А. на Дальнем Востоке, хранятся в Гербарии LEP лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР.

Профессор Наумов Н.А. в течение 19 лет (1935–1954 годы) был руководителем лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР и всячески поддерживал изучение фузариозов растений и фузариевых грибов, которое продолжается и по сегодняшний день. Проблема фузариоза зерновых до сих пор актуальна на Дальнем Востоке и продолжает оставаться в сфере внимания сотрудников лаборатории (Gagkaeva et al., 2021).

В 1929 г. А.А. Ячевским вместе со своими учениками из Армении **Бабаян Аршавиром Абгаровичем** [1903–1989] и **Тетеревниковой-Бабаян Дарьей Николаевной** [1904–1988] описан *F. buharicum* Jacz. Ex Babajan & Teterevn.-Babajan, выделенный из гниющих стеблей хлопчатника на юге СССР (Узбекистан и Туркменистан).

1 2

Рисунок 5. (1) Наумов Николай Александрович; (2) Наумов Н.А., 1916. Обложка книги и рисунки табл. II

Figure 5. (1) Naumov Nikolay Alexandrovich; (2) Naumov N.A., 1916. Book cover and drawings table II

Тетеревникова Д.Н., специалист-фитопатолог, окончила Ленинградский сельскохозяйственный институт и в 1929 г. переехала в Ереван, где продолжила исследования вместе со своим мужем Бабаяном А.А. (рис. 6). Она быстро овладела армянским языком и уже с 1933 года читала на нём лекции студентам, подготовив научную смену специалистов в области фитопатологии и защиты растений Армении. Для выявления и идентификации вида патогена, вызывающего гнили стеблей хлопчатника, исследователи из Армении обратились за помощью к А.А. Ячевскому, о человеческих и профессиональных качествах которого всегда очень высоко отзывались (Бабаян, 1964). В результате совместной работы был описан новый таксон – *F. buharicum*. По всей видимости, поражённого материала хлопчатника было много, поскольку в книге А. И. Райлло (1950) приводятся исследования, проведенные с 50 разными моноспоровыми изолятами *F. buharicum*. Голотип данного вида находится в Гербарии LEP 127667 (всего 5 гербарных образцов). Один штамм этого гриба 1928 года, выделенный из хлопчатника в Узбекистане, был в 1935 году передан А.И. Райлло в коллекцию немецких исследователей (IMB 11176= CBS 178.35 = NRRL 2548). Еще один штамм этого гриба из Ирана (CBS 796.70 = NRRL 13371), выделенный из гниющих стеблей *Hibiscus cannabinus* L., был получен немецким систематиком W. Gerlach в 1970 г. и сохранён в данной коллекции культур. Несмотря на то,

1 2 3

Рисунок 6. (1) Бабаян Аршавир Абгарович; (2) Тетеревникова-Бабаян Дарья Николаевна; (3) Фотография и рисунок *F. buharicum* на хлопчатнике (1928 г.) к образцам LEP 127503 и LEP 127504 в Гербарии (ВИЗР)

Figure 6. (1) Babayan Arshavir Abgarovich; (2) Teterevnikova-Babayan Darya Nikolaevna; (3) Photograph and drawing of *F. buharicum* on cotton (1928) in LEP Herbarium specimens (VIZR) LEP 127503 and LEP 127504

что в официальных коллекциях культур хранятся только два штамма этого вида, они активно используются в современных таксономических исследованиях. Установлено морфологическое сходство *F. buharicum* с грибами секции *Discolor* (Gerlach, Nirenberg, 1982), однако секвенирование различных участков геномов выявило самостоятельную филогенетическую кладу "*buharicum*" (комплекс видов *Fusarium buharicum*) (Geiser et al., 2013, 2021; O'Donnell et al., 2013; Crous et al., 2021).

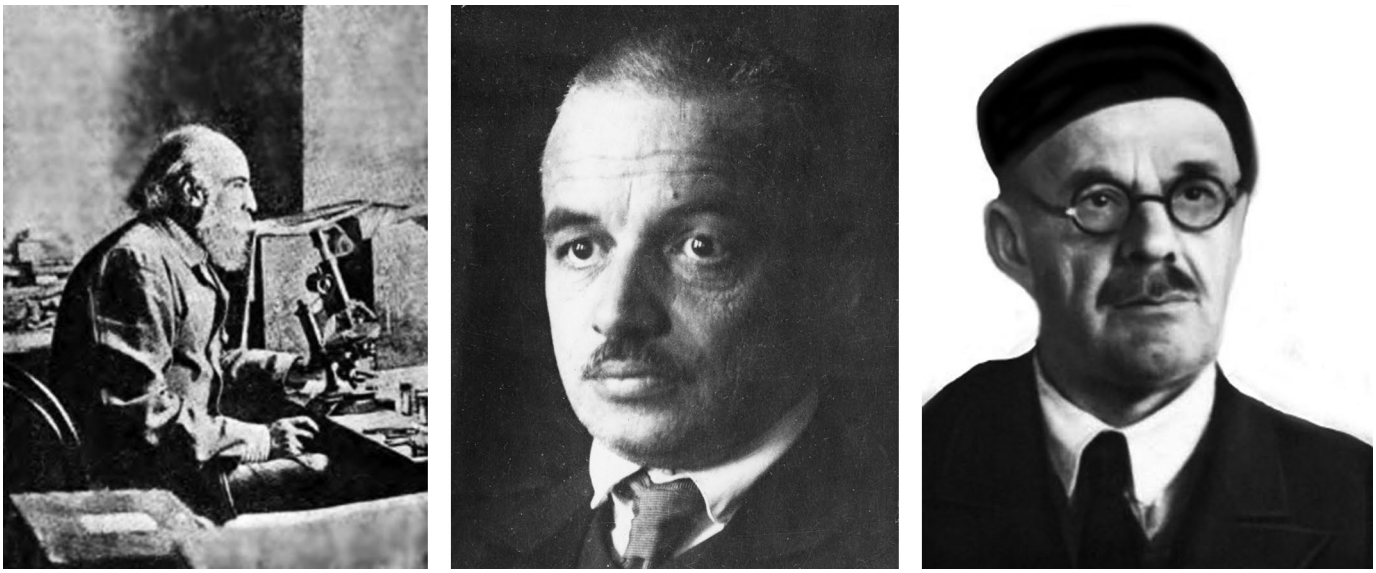
Среди русских микологов и фитопатологов, работавших на Кавказе, нельзя не упомянуть **Спешнева фон Николая Николаевича** [1844–1907] (рис. 7). Представитель дворянского рода Спешневых, он родился в Венеции, начальное образование получил в Псковской гимназии, затем поступил в Санкт-Петербургский университет. В Петербурге работал ассистентом профессора А.Н. Бекетова. В 1865 году отправился за границу, учился у немецких ученых ботаников и микробиологов: Вильгельма Гофмейстера (Friedrich Wilhelm Benedikt Hofmeister), Антона де Бари (Heinrich Anton de Bary), Юлиуса фон Сакса (Julius von Sachs). С 1891 года Н.Н. Спешнев работал на Кавказе старшим виноделом Удельного ведомства Кахетии. В 1894 году он стал ассистентом по микологии в Министерстве земледелия и государственных имуществ, в дальнейшем начал изучать грибные болезни культурных растений Кавказа и вёл переписку со многими учёными Германии, Франции, Англии, Италии, Испании, Америки и Австралии.

Работая на Кавказской шелковичной станции, Н.Н. Спешнев взялся изучать больные растения, собранные заведующим станции Шавровым Николаем Николаевичем [1858–1915] во время его поездки в сентябре 1901 года по Малой Азии (часть территории современной Турции). Среди них были образцы массового повреждения деревьев шелковицы, в результате которого концы веток оголялись и повисали (Спешнев, 1905). В результате изучения пораженных веток Спешнев Н.Н. описал вид *F. schawrowi* Speschnew (встречается написание «*schawrowii*»), который, по всей видимости, является синонимом вида *F. lateritium* (комплекс видов *F. lateritium*). Гриб назван в честь Н.Н. Шаврова, удивительной активности человека, приложившего много усилий и энтузиазма в организацию и развитие шелководства в России, общественного и политического деятеля.

Также в Кавказском регионе проводил исследования **Воронихин Николай Николаевич** [1882–1956] (рис. 7), д.б.н., профессор Главного ботанического сада и Ботанического института АН СССР (БИН, г. Ленинград), который изучал микофлору Закавказья. В 1920 г. Воронихин Н.Н. в Вестнике Тифлиского Ботанического Сада (Воронихин, 1920) описал новый для науки вид *F. albiziae* Woron., вызывающий усыхание деревьев альбиции, на основе материала, собранного Серебряковым Константином Константиновичем [1886–1940] – ответственным секретарем редакции журнала «Природа». Исследуемые образцы (пораженные ветки *Albiziae julibrissin* Durazz.) были собраны Серебряковым К.К. в сентябре 1919 на Кавказе [Иберия (совр. Грузия), в селе Чаква района Батум)].

Увядание деревьев рода Альбиция семейства Бобовых до сих пор часто отмечается в районах обитания этого растения, однако патоген, вызывающий заболевание, идентифицируется как *F. oxysporum* (Panahian, Rahnama, 2010). Предположительно, современные синонимы *F. albiziae*: *Fusicolla merismoides* (Corda) Gräfenhan et al. (2011) = *F. merismoidesyy* Corda (1838). Вид нуждается в проведении лектотипификации и установлении таксономической идентичности в соответствии с «Международным кодексом ботанической номенклатуры» (Crous et al., 2021).

Мурашкинский Константин Евгеньевич [1884–1948] (рис. 7) после окончания Московского университета (1910 г.) и Московского сельскохозяйственного института (1913 г.) работал в Сибирском институте сельского хозяйства и промышленности. С 1923 года заведовал



1 2 3

Рисунок 7. (1) Спешнев фон Николай Николаевич; (2) Воронихин Николай Николаевич; (3) Мурашкинский Константин Евгеньевич

Figure 7. (1) Speshnev von Nikolai Nikolaevich; (2) Voronikhin Nikolay Nikolaevich; (3) Murashkinsky Konstantin Evgenievich

кафедрой фитопатологии Омского сельскохозяйственного института.

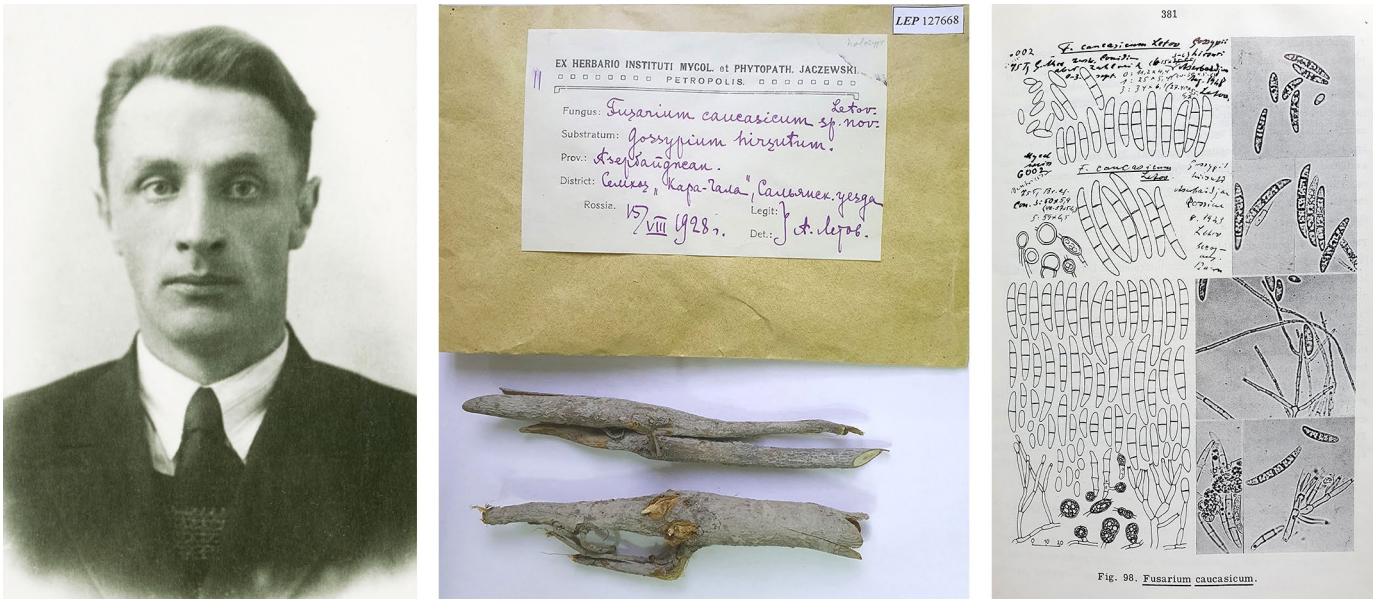
Мурашкинский К.Е. был одним из крупнейших советских микологов и фитопатологов, им опубликовано около 100 научных работ, в том числе в зарубежных изданиях. Он также поддерживал контакты с А.А. Ячевским, приезжал к нему в лабораторию в Петербург (Оршанская, 1964). В 1924 г. Мурашкинский К.Е. опубликовал материалы по изучению фузариоза зерновых культур в Сибири, описав виды рода *Fusarium* на хлебах (Мурашкинский, 1924). А с высказанной им мыслью, что «разделение фузариумов на фитопатогенных и сапрофитов явилось задачей очень трудной, не вполне разрешенной и по сие время» и сегодня может согласиться каждый специалист.

Противостояние и откровенная демонстрация несогласия с взглядами Лысенко Т.Д. после сессии ВАСХНИЛ (1948 г.) усложнило его положение, выдающийся ученый подвергся травле за свою принципиальную позицию. Кроме того, профессор был обвинён в сотрудничестве с фашистами, поскольку он, якобы, направил свою рукопись, посвящённую борьбе с грибом, поражающим древесину, используемую для самолётостроения, и которая была напечатана в нацистской Германии в 1943 году. Мурашкинский К.Е. написал объяснительную записку, где указал, что эту рукопись он посылал в Германию в 1923 году, а всякую связь с заграницей прекратил в 1926 году. На следующий день (25 сентября 1948 г.) этот достойный ученый добровольно расстался с жизнью (Багаева, 1995; Василевский, 2024). Мурашкинский К.Е. описал вид *F. pseudoeffusum* Murashk. (Мурашкинский, 1924) (син. *F. acuminatum* Ellis & Everh. (1895); *F. scirpi* var. *acuminatum* (Ellis & Everh.) Wollenw., 1930; *F. scirpi* subsp. *acuminatum* (Ellis & Everh.) Raillo, 1950). В его честь описаны несколько видов грибов (встречается два написания эпитетов «murashkinskii» и «murashkinskyi»): *Cytosporina murashkinskii* Pisareva & Kravtzev (1970), *Puccinia murashkinskii* Tranzschel (1933), *Metuloidea murashkinskyi* (Burt) Miettinen & Spirin (2016), *Ophiobolus murashkinskyi* Ziling (1936), *Urocystis murashkinskyi* (Cif.) Zundel (1953) и другие.

Летов Александр Сергеевич [1904–1942] в 1926 году окончил Ленинградский сельскохозяйственный институт (рис. 8). В дальнейшем он был практикантом Терской окружной станции защиты растений (г. Ессентуки), а в 1927–1930 годы – аспирантом кафедры фитопатологии ЛСХИ. С 1930 по 1940 гг. Летов А.С. работал старшим научным сотрудником ВИЗР, а в 1941 г. – специалистом-фитопатологом Ленинградской областной карантинной инспекции. Умер ученый в блокаду Ленинграда в январе 1942 года.

В 1928 году при описании болезней хлопчатника во время командировки в Азербайджан А.С. Летов обратил внимание на увядшие растения, хорошо заметные на фоне мощных здоровых кустов. Из этих растений он выделил культуры гриба и, после тщательного изучения, описал вид *F. caucasicum* Letov, вызывающий гнили проростков и корней хлопчатника. Им опубликована большая работа с детальным описанием морфологических особенностей культур этого вида на разных средах. В конце опубликованной работы он благодарит за помощь А.А. Ячевского, Н.А. Наумова и свою жену, тоже фитопатолога, М.Ф. Летову (Летов, 1929). Один штамм *F. caucasicum* Райлло А.И. передала в 1935 г. зарубежным коллегам, и он до сих пор хранится в мировых коллекциях (CBS 179.35 = IFO 5979 = NRRL 13954), а его подробное морфологическое описание и иллюстрации даны в атласе грибов *Fusarium* (Gerlach & Nirenberg, 1982). Молекулярно-филогенетический анализ демонстрирует близкое родство этого вида к комплексу видов *F. solani*, но требуется продолжение исследований, уточняющих его таксономический статус (Daboussi et al., 2002; Sandoval-Denis et al., 2019).

Родигин Михаил Николаевич [1907–1977], фитопатолог, окончил Ленинградский государственный



1 2 3

Рисунок 8. (1) Летов Александр Сергеевич; (2) Образец *F. caucasicum* на хлопчатнике (1928 г.) LEP 127668 в Гербарии LEP (ВИЗР); (3) Страница с изображением *F. caucasicum* в книге (Gerlach, Nirenberg, 1982)

Figure 8. (1) Letov Alexander Sergeevich; (2) Specimen of *F. caucasicum* on cotton (1928) LEP 127668 in the LEP Herbarium (VIZR); (3) Page with an image of *F. caucasicum* in the book (Gerlach, Nirenberg, 1982)

университет в 1929 году, доктор биологических наук, профессор. С 1939 по 1955 годы работал в Башкирском сельскохозяйственной институте, где прошёл профессиональный путь от заведующего кафедрой защиты растений и зоологии до заместителя директора по учебной и научной работе.

Родигин М.Н. опубликовал описание вида *F. wolgense* Rodigin (Родигин, 1942), выделенного им в 1931 году в Сталинградской области (совр. Волгоградская обл.), вызывающего гнили арбузных растений и дальнейшую мумификацию плодов. Однако штаммы гриба не сохранились, а описание, заключенное в четырёх предложениях, не даёт возможности предположить его современную таксономическую принадлежность.

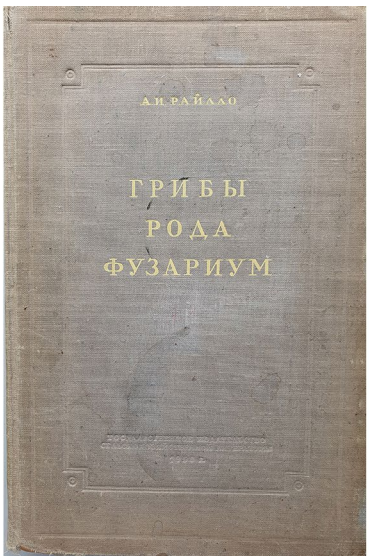
Райлло Александра Ивановна [1896–1939] – старший научный сотрудник лаборатории микологии ВИЗР. В 1921 г. она окончила Ленинградский государственный университет, до поступления в который 6 лет проработала учительницей в школе. После окончания университета работала в институте политического просвещения им. Крупской (1924–1926 гг.) и Агрономическом институте (1926–1929 гг.), затем была зачислена в штат лаборатории микологии ВИЗР, где проработала до своей ранней смерти в 1939 году (рис. 9).

В лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР сохранилось много документов, связанных с её исследованиями. В том числе, сохранились официальные характеристики, в которых она представлена как трудолюбивый знающий исследователь, но «обладает несколько индивидуалистическими взглядами» и «не участвует в общественной жизни».

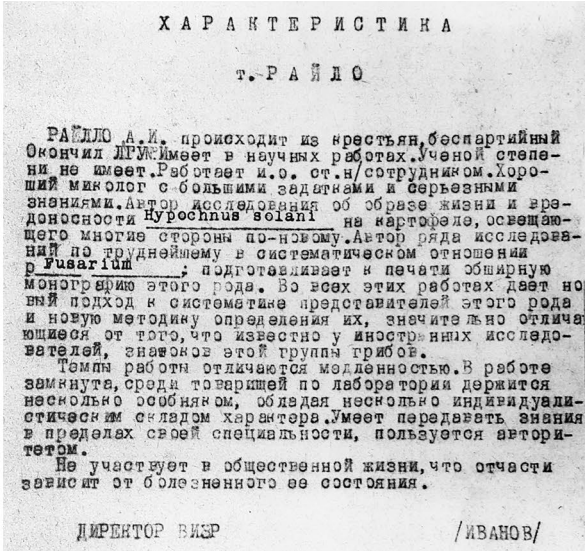
Райлло А.И. внесла значительный вклад в систематику грибов *Fusarium* и в понимание их разнообразия (Райлло, 1950). Согласно её концепции, род *Fusarium* включает 17 секций и 55 видов, 10 подвидов, 55 разновидностей и 61 форму (Райлло, 1950). Райлло А.И. уточнила описание вида *F. compactum* (Wollenw.) Raillo (1950), легитимного вида комплекса видов *Fusarium incarnatum-equiseti*. В книге приведена обширная сводка связей видов фузариевых грибов и растений-хозяев, относящихся к более чем 50 семействам, с описанием симптомов заболеваний, приложена детальная синонимика видов грибов – работа, которая и сегодня с возможностями интернета представляется неподъемной. Александра Ивановна настаивала на использовании стандартных условий для выявления характерных, специфических особенностей каждого вида и надвидовых таксонов, разновидностей и форм, установила значительно варьирующие в субкультурах показатели: длина и ширина конидий, пигментация, наличие склероциев, тип спорообразования (спородохии, пионноты, псевдопионноты). Признаки, служащие для характеристики вида, и далее для их обобщения на высоких иерархических уровнях, проверялись ею на стабильность, с учетом амплитуды изменчивости, что повышает объективность и точность таксономических выводов. Райлло А.И. одна из первых предложила использовать для изучения моноспоровые культуры грибов, что сейчас считается обязательным методическим элементом при их исследовании, сделала акцент на морфологических характеристиках, которые и в настоящее время имеют важное диагностическое значение для грибов этого рода – форме апикальной клетки, изгибе конидии, преобладающем числе перегородок. Несмотря на отсутствие у неё научной степени, вклад А.И. Райлло в таксономию рода *Fusarium* несомненен и высоко оценивается в мире.

К сожалению, ранняя смерть в результате продолжительной болезни этого выдающегося миколога не позволила завершить исследования и окончательно обобщить информацию. Монография А.И. Райлло «Грибы рода Фузариум», опубликованная в 1950 г. под редакцией М.В. Горленко, вышла благодаря её мужу профессору Л.Ф. Правдину и другим ученым и лаборантам, принявшим активное участие в восстановлении рукописи, частично утерянной во время войны. Кроме глав о принципах

1



2



ХАРАКТЕРИСТИКА

т. РАЙЛО

РАЙЛЛО А.И. происходит из крестьян, беспартийный. Окончил ЛГУ. Имеет в научных работах. Ученой степени не имеет. Работает и.о. ст.н/сотрудником. Хороший миколог с большими задатками и серьезными знаниями. Автор исследования об образе жизни и вредоносности Hypochnus solani на картофеле, освещающего многие стороны по-новому. Автор ряда исследований по труднейшему в систематическом отношении р. Fusarium; подготавливает к печати обширную монографию этого рода. Во всех этих работах дает новый подход к систематике представителей этого рода и новую методику определения их, значительно отличающиеся от того, что известно у иностранных исследователей, знатоков этой группы грибов.

Темпы работы отличаются медленностью. В работе замкнута, среди товарищей по лаборатории держится несколько особняком, обладая несколько индивидуалистическим складом характера. Умеет передавать знания в пределах своей специальности, пользуется авторитетом.

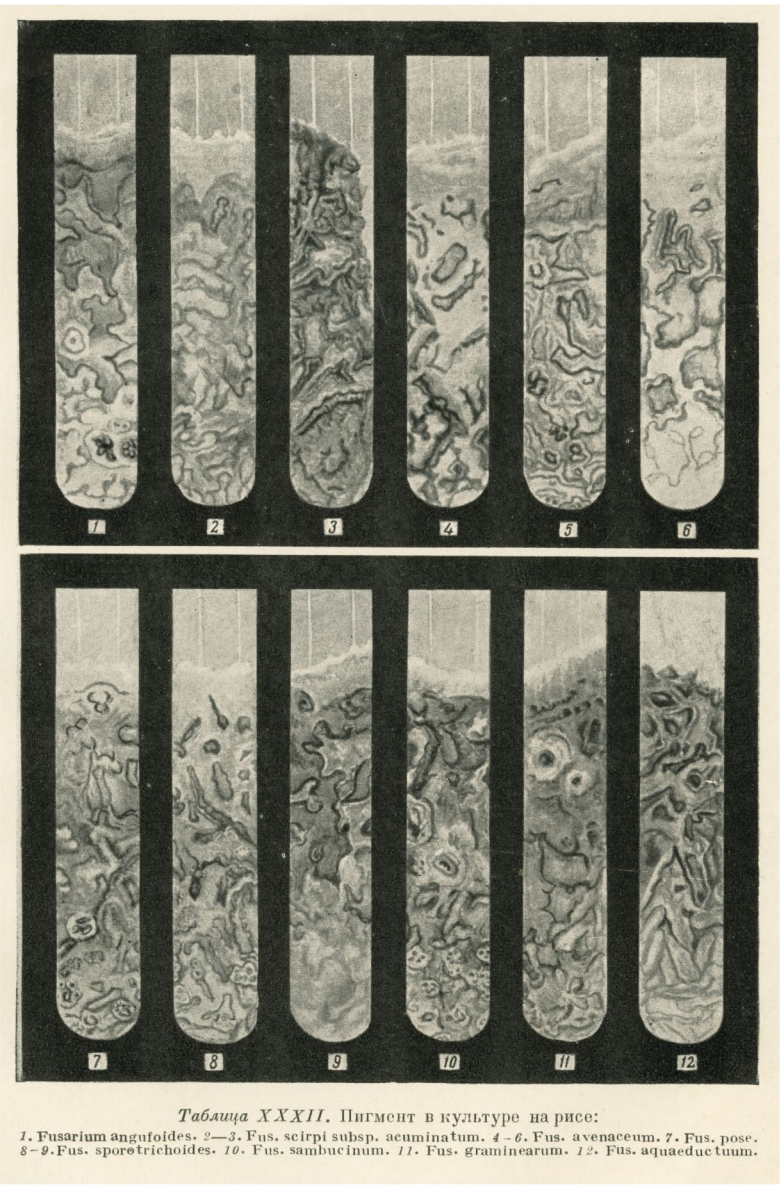
Не участвует в общественной жизни, что отчасти зависит от болезненного ее состояния.

ДИРЕКТОР ВИЗР /ИВАНОВ/

3

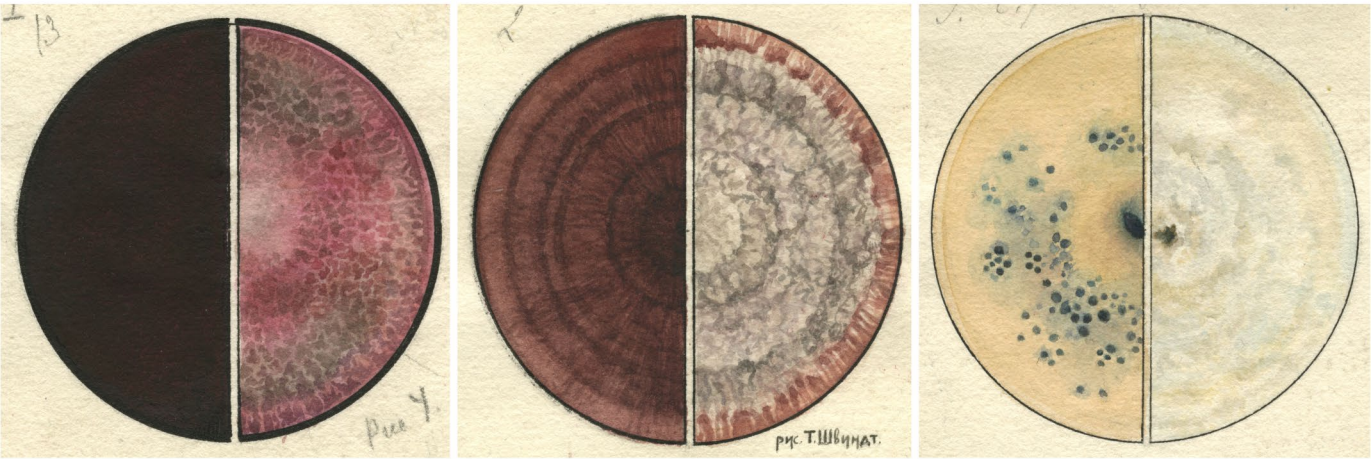
Рисунок 9. (1) Райлло Александра Ивановна; (2) Обложка книги Райлло А.И., 1950; (3) Характеристика на А.И. Райлло, подписанная директором ВИЗР (3.02.1938 г). Из личного дела Райлло А.А. (ВИЗР)

Figure 9. (1) Raillo Alexandra Ivanovna; (2) Book cover of Raillo A.I., 1950; (3) Characteristics of A.I. Raillo, signed by the director of the VIZR (03.02.1938). From the personal file of A.A. Raillo (VIZR)



1

2



3

Рисунок 10. (1) Приведенная в монографии Райлло А.И. (1950) черно-белая таблица 27 «Пигмент в культуре на рисе»; Хранящиеся в Гербарии LEP оригинальные акварельные рисунки О. Исаевой и Т.Н. Швиндт, датируемые 1930–1932 гг. Культуры грибов *Fusarium* (2) в пробирках и (3) в чашках Петри

Figure 10. (1) Table 27 “Pigment in rice culture” given in the monograph by A.I. Raillo (1950) in black-white color; Original watercolour drawings by O. Isaeva and T. N. Shvindt, stored in the LEP Herbarium, dated 1930–1932. Cultures of *Fusarium* fungi (2) in test tubes and (3) in Petri dishes

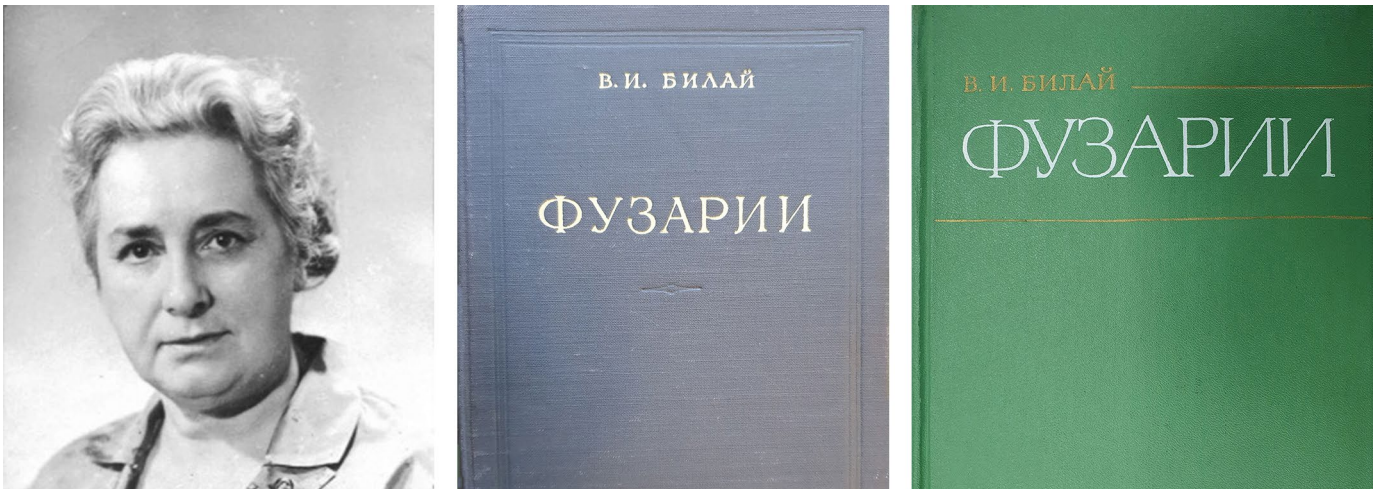
классификации и систематики грибов рода *Fusarium*, есть глава с информацией о фузариозах растений, методах культивирования, фузариумах на насекомых и грибах, а также обширная синонимика, составить которую в те времена было чрезвычайно кропотливым трудом, но которая очень важна для установки правильной, строгой и однообразной номенклатуры данной группы грибов. В книге приведены акварельные рисунки культур грибов рода *Fusarium*, выращенных в пробирках, однако, к сожалению «часть цветных рисунков по техническим причинам не могли быть воспроизведены в красках, а даны черными» (от редактора М. Горленко (Райлло,1950, стр. 4). Кроме того, в Гербарии LEP хранятся десятки невероятно реалистичных акварельных рисунков культур грибов в чашках Петри, которые также были подготовлены А.И. Райлло для публикации в монографии «Грибы рода Фузариум», но не вошедшие в неё (рис. 10). Акварельные рисунки исполнены художницами О. Исаевой (в 1930–1931 гг.) и Т.Н. Швиндт (1932 г), однако по неизвестной причине, в предисловии к монографии (Райлло, 1950, стр. 6) составители выразили благодарность только художнице Т.Н. Швиндт. И сегодня абсолютно можно согласиться с мнением М.В. Горленко, что эта монография на период её подготовки и публикации «ценное руководство…. далеко превосходящее по качеству все иностранные работы подобного рода. И пользуясь этой книгой, они [*специалисты*] много раз с благодарностью будут вспоминать имя её автора».

Билай Вера Иосифовна [1908–1994] с 1935 г. работала в институте микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного АН Украинской ССР (с 1958 г. – заведующая отделом физиологии грибов). Она, вместе с сотрудницей лаборатории **Элланской Ириной Алексеевной** [?—2002], показала значительную вариабельность культивируемых штаммов грибов. Ими была проведена оценка амплитуды изменчивости морфологических и физиологических признаков под влиянием различных факторов (температура, влажность, состав среды, возраст культуры). На основании полученных результатов В.И. Билай предложила таксономическую систему, где свела разнообразие грибов *Fusarium* к 9 секциям, 31 виду и 28 разновидностям (Билай, 1955, 1977) (рис. 11). Предложенные Верой Иосифовной изменения в рамках классификации рода, например, совмещение секции *Liseola* и *Elegans*, а также *Gibbosum* и *Discolor*, в настоящее время нашли некоторое подтверждение в рамках молекулярно-филогенетической систематики (O'Donnell et al., 2013; Laraba et al., 2021).

Билай В.И. предложила свою концепцию секции *Sporotrichiella* Wr. emend. Bilai, включив в неё все виды грибов рода *Fusarium*, характеризующиеся грушевидно-лимоновидными и булавовидными микроконидиями. Она переименовала вид *F. sporotrichioides* в *F. sporotrichiella* Bilaĭ и ввела несколько разновидностей − *F. sporotrichiella* var. *poae* (Peck) Bilaĭ, *F. sporotrichiella* var. *tricinctum* (Corda) Bilaĭ, *F. sporotrichiella* var. *antophilum* (A. Braun) Bilaĭ (вид *F. anthophilum* (A. Braun) Wollenw., 1916, впоследствии отнесенный к секции *Liseola* (Gerlach, Nirenberg, 1982), а по современной концепции относящийся к комплексу видов *Fusarium fujikuroi*) и вид *F. sarcochroum* (Desm.) Sacc. (1882) (вид, по современной концепции относящийся к комплексу видов *Fusarium lateritium*). Наличие лимоновидных микроконидий было выбрано ею как основной признак для секции *Sporotrichiella*, и при описании видов различия в процессе конидиогенеза и в образовании хламидоспор были указаны неточно. В результате, такое неудачное описание видов в классификации В.И. Билай затрудняет их диагностику. Однако, таксономическая система В.И. Билай (1955, 1977) оставалась основной для русскоязычных микологов несколько десятилетий.

Многие годы в лаборатории В.И. Билай проводились обучающие курсы по таксономии грибов *Fusarium*, на которые съезжались специалисты из разных научных учреждений СССР. Значимость этих курсов безусловная, поскольку такое обучение позволяло гармонизировать знания учёных и специалистов, работающих в географически отдаленных регионах страны. Как дань уважения этому выдающемуся ученому, нами был описан новый вид *Fusarium*, выделенный из некротической ткани стеблей подсолнечника в Белгородской области – *F. bilaiae* Gagkaeva, Orina, Gomzhina & Gavrilova (Gagkaeva et al., 2023).

Интересно отметить, что в этот период развития советской науки получила распространение тенденция



1 2 3

Рисунок 11. (1) Билай Вера Иосифовна; Обложки книг (2) Билай В.И., 1955; (3) Билай В.И., 1977 и стр . 178

Figure 11. (1) Bilai Vera Iosifovna; Book covers of (2) Bilai V.I., 1955; (3) Bilai V.I., 1977 and p. 178

использования в публикациях латинских названий грибов в русской транскрипции. Такие названия как [Фузариум авенацэум], [Фузариум ангуоидэс], [Фузариум поэ], [Фузариум соляни] встречаются, например, в книге «Перезимовавшие под снегом зерновые культуры» под редакцией А.Х. Саркисова (1948). Другая тенденция замены латинских названий грибов на русский проводилась, видимо, в рамках кампании по защите родного языка от использования иностранных слов. Забавно выглядят, на наш взгляд, используемые эквиваленты: Фузарий бузиновый = *F. sambucinum*; Фузарий горбатый = *F. gibbosum*; Фузарий злаковый = *F. graminearum*; Фузарий овсяный = *F. avenaceum*; Фузарий остроспоровый = *F. oxysporum*; Фузарий паслёновый = *F. solani*; Фузарий пахучий = *F. redolens*; Фузарий полуоткрытый = *F. semitectum*; Фузарий разноспоровый = *F. heterosporum*; Фузарий соломинковый = *F. culmorum*; Фузарий споротриховый = *F. sporotrichioides* (Пидопличко, 1977; Билай, 1988). Однако и сейчас латинский язык остаётся базовым языком науки.

Иоффе Абрахам Залманович [1909–2000] в первой половине прошлого века входил в группу ученых, исследовавших причину алиментарной токсической алейкии (АТА) в регионе южного Урала. Данное заболевание привело к гибели тысячи людей и животных, употребивших в пищу зерно и солому, оставленные в поле и инфицированные грибом *F. sporotrichioides.* Трагедия отмечалась в период между 1932–1945 гг. и вошла в мировую историю микотоксикологии (Саркисов, 1948). В 1950 году А.З. Иоффе защитил кандидатскую диссертацию в БИНе (г. Ленинград) на тему «Токсичность грибов на перезимовавших в поле злаках (к этиологии алиментарно-токсической алейкии)» (Иоффе, 1950). В 1960х гг. он эмигрировал в Израиль, где начал работать в Еврейском университете в Иерусалиме. Иоффе А.З. изучал токсические свойства изолятов грибов *Fusarium* из России, Израиля и других стран и много сделал для подъёма интереса к токсичным свойствам фузариевых грибов среди ученых. Его таксономическая система, опубликованная в 1986 году в монографии «*Fusarium* species: their biology and toxicology» (Joffe, 1986), основана на компиляции классификаций Г. В. Волленвебера и О. А. Рейнкинга (Wollenweber, Reinking, 1935), а также В.И. Билай (1955, 1977). Приведенные им видовые названия таксонов представляются комбинациями более ранних легитимных эпитетов.

Опубликованные на английском языке его работы хорошо известны в мире – до сих пор ссылаются на исследования А. Иоффе, который, уже работая в Израиле, проанализировал 25 изолятов *Fusarium*, выделенных из перезимовавшего зерна и вызвавших АТА в России. Он выявил способность данных изолятов продуцировать высокие количества Т-2 токсина, но идентифицировал их как *F. poae*, и поэтому охарактеризовал данный вид как причину АТА (Joffe, 1960, 1963, 1986). Однако позднее изоляты грибов, переданные А. Иоффе для исследований другим микологам, были переопределены как *F. sporotrichioides* (Marasas et al., 1984; Liu et al., 1998). Согласно сегодняшним представлениям, *F. poae* не способен продуцировать Т-2 токсин (Thrane et al., 2004; Witte et al., 2024).

Большая заслуга А.З. Иоффе, автора более 130 научных работ, в привлечении интереса к проблеме микотоксинов во всём мире. Вместе с тем, при прочтении его работ, обращает на себя внимание завышенная самооценка автора, постоянно употребляющего, при описании проводимых в СССР исследований по установлению причины АТА, словосочетаний: «я изучал, я обнаружил, я установил» без упоминания заслуг той большой команды микологов, микотоксикологов, ветеринарных врачей, патологоанатомов, фармакологов, зоотехников и других специалистов, занимавшихся в 1942–1955 годы установлением этиологии неизвестного прежде заболевания. Возглавлял эти исследования **Саркисов Арутюн Христофорович** [1908–2001], основоположник школы отечественных ветеринарных микологов, в последствии ставший д.б.н., профессором, академиком. В 1997 году мне удалось один раз пообщаться по телефону с А.Х. Саркисовым. Причиной была необходимость передать ему привет от ведущего в то время американского микотоксиколога проф. Честера Мироча (Chester Mirocha) из Университета Миннесоты, с которым произошла моя встреча на конференции «European *Fusarium* Seminar», проводимой в Венгрии. Арутюн Христофорович с интересом выслушал рассказ о конференции, а затем настоятельно рекомендовал сделать в работе акцент на грибы, продуцирующие Т-2 токсин, поскольку «это очень перспективное направление исследований, позволяющее узнать много нового». И он был абсолютно прав, так как именно в это время в фокусе внимания мирового научного сообщества возникли штаммы грибов с высокой продуцирующей способностью Т-2 токсина, в начале названные *F. poae*. var. *powdery* (Torp, Langseth, 1999), а в 2004 году описанные как новый вид *F. langsethiae* (Torp, Nirenberg, 2004).

Среди работающих над решением проблемы АТА под руководством А.Х. Саркисова активно работала миколог **Квашнина Елизавета Сергеевна** [1904–1978], которая провела огромную работу по выделению представителей микобиоты из злаков и кормов, вызывающих проблемы, связанные со здоровьем животных, провела идентификацию и описание выделенных микроорганизмов, охарактеризовала токсичность культур грибов, и на основании этих данных защитила в 1971 году докторскую диссертацию. Тщательность и аккуратность проводимых исследований видны в опубликованных работах Елизаветы Сергеевны, которые и сегодня читаются с интересом (Квашнина, 1971, 1974, 1979; Саркисов, Квашнина, 1948).

Батикян Седа Грантовна [род. 1942] в 1960–70х гг. прошлого века проводила активную работу по изучению видов грибов *Fusarium* на территории Армянской ССР. Она окончила кафедру микробиологии, а затем работала на кафедре низших растений Ереванского государственного университета. Из почвы, семян и корней растений, гниющих плодов и овощей ею выделено и идентифицировано несколько десятков видов грибов, в том числе 26 новых видов для Армении, а один вид и десять вариаций описаны как новые для науки (Батикян, 1969, 1971). В настоящее время вид *F. buxicola* var. *chlamydosporum* Batikyan (as '*chlamydosporeae*') (1969) рассматривается как синоним *Cyanonectria buxi* (Fuckel) Schroers *et al.* (2011), а *F. semitectum* var. *violaceum* Batikyan & Abramyan (as '*violaceae*') (1969) nom. inval. – как синоним *F. incarnatum* (Roberge ex Desm.) Sacc. (1886) = *F. semitectum* Berk. & Ravenel (1875). Виды *F. javanicum* var. *sclerotii* Batikyan

(1969) и *F. martiellae-discolorioides* Batikyan (1969), nom. inval. – нелегитимные, поскольку описаны без обязательного тогда латинского диагноза.

Начиная со времён А.А. Ячевского, увлеченно исследовавшего фузариевые грибы и проблемы с ними связанные, в лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР вот уже более 115 лет поддерживается данное направление. Многие ученые, руководившие лабораторией – Наумов Н.А., Хохряков М.К., Левитин М.М., Дмитриев А.П. и другие, занимались развитием исследований распространения и вредоностности фузариозов растений, разнообразия грибов *Fusarium*.

В 2008 г. сотрудники лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР к.б.н. **Шипилова Надежда Петровна** (1948–2025) и д.б.н. **Иващенко Владимир Гаврилович** (1941–2024) опубликовали работу «Систематика и диагностика грибов рода *Fusarium* на зерновых культурах» (Шипилова, Иващенко, 2008), которая облегчала идентификацию широко распространенных видов и соответствовала современной на тот момент номенклатуре. Основанием для описания видового состава послужила необходимость представить русскоязычным исследователям современные принципы таксономии грибов *Fusarium*, привести диагнозы некоторых важных видов, отсутствующих в таксономической системе В.И. Билай (1955, 1977), и уточнить видовые названия. В работе освещены теоретические аспекты и методы выделения грибов рода *Fusarium*; представлены морфолого-культуральные особенности 18 наиболее часто встречающихся видов и синоптический ключ для их определения.

В наше время наука переживает один из самых интересных периодов, поскольку открываются многообещающие перспективы в познании видового разнообразия грибов, установления их родственных связей, выявления их значения в природе. Успехи, достигнутые в последние годы в понимании таксономической очерченности новых видов *Fusarium*, прежде всего, связаны с развитием молекулярно-генетических методов. Современное описание новых таксонов является «наукоемкой продукцией» и основано, как правило, на совместных усилиях коллектива квалифицированных специалистов. Если микологи прошлого века, проводя описания грибов, использовали морфометрические признаки, то в настоящее время систематики устанавливают в основном группы генетического сходства организмов и проводят уточнение их свойств.

Филогенетическая концепция вида, основанная на анализе данных о мультилокусных последовательностях ДНК, по сравнению с традиционной морфологической концепцией приводит к значительному дроблению таксонов, а также изменяет представления об объеме рода и трансформирует его внутреннюю структуру (Гагкаева, 2023). Филогенетический анализ мультилокусных последовательностей ДНК позволил разделить род *Fusarium* на 23 крупные клады (комплексы видов), имеющие хорошую статистическую поддержку (Geiser et al., 2013, 2021; Crous et al., 2021), а число видов, распределенных по этим комплексам, превысило 450 (O'Donnell et al., 2022; Mycobank). Происходящая структуризация видов имеет свою положительную сторону, выявляя дополнительный спектр отличий, который может быть использован для понимания свойств организма.

Выявление в различных регионах мира филогенетических линий, а в последствии группы видов *F. graminearum* (O'Donnell et al., 2004, 2008), привело к мысли проанализировать популяцию *F. graminearum* Дальнего Востока, поскольку в процессе изучения этого гриба на данной территории уже возникло мнение о значительной его гетерогенности по ряду признаков (Левитин, Гагкаева, 1991; Гагкаева, 1994; Gagkaeva, Levitin, 1997; Gagkaeva, Yli-Mattila, 2004). Изучение штаммов *F. graminearum,* первоначально идентифицированных по морфологическим признакам, привело к описанию нового для науки вида *F. ussurianum* T. Aoki, Gagkaeva, Yli-Mattila, Kistler & O'Donnell, штаммы которого были выделены из зерна и корней пшеницы и овса, выращенных в Приморском регионе (Yli-Mattila et al., 2009). Благодаря комплексному подходу к оценке разнообразия свойств штаммов, удалось получить информацию о самостоятельности данного вида в группе *F. graminearum* sensu lato, состоящей в настоящее время из 16 филогенетических видов (O'Donnell et al., 2004, 2008; Aoki et al., 2014; Laraba et al., 2021).

В 2006 году сотрудники Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной ветеринарии (ВНИИВСГЭ, г. Москва) д.б.н. **Кононенко Галина Пантелеевна** и к.м.н. **Буркин Алексей Анатольевич** передали для исследований в лабораторию микологии и фитопатологии ВИЗР штаммы грибов, выделенных при анализе микобиоты зерновых культур в сибирском и дальневосточном регионах. По мнению коллег, штаммы были морфологически сходны с *F. poae*, но продуцировали нехарактерно высокие для этого вида уровни Т-2 токсина. В результате комплексных исследований разнообразных свойств, данные штаммы были охарактеризованы как сходные с видом *F. langsethiae*, но поскольку ареал данного вида ограничен только территорией Европы, то штаммы обозначили как *F. langsethiae* var. *sibiricum* (Gagkaeva et al., 2006). Дальнейший молекулярно-генетический анализ штаммов в рамках международного сотрудничества привел к описанию нового для науки вида *F. sibiricum* Gagkaeva, Burkin, Kononenko, Gavrilova, O'Donnell, T. Aoki & Yli-Mattila, филогенетически близкого к видам *F. langsethiae*, *F. sporotrichioides* и *F. poae* (Yli-Mattila et al., 2011), основной ареал которого ограничен территорией Азии (Гаврилова, Гагкаева, 2020).

Микологический гербарий лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР основан профессором А.А. Ячевским в 1892 г., и насчитывает около 150 тысяч единиц хранения. Среди них, более 750 гербарных образцов связаны с грибами рода *Fusarium,* и представляют собой части засушенных растений с симптомами поражения грибами, дополненные аннотациями, такими как дата, место, имя сборщика и того, кто провёл определение.

По количеству собранных, определенных и переданных в гербарий образцов видное место занимают проф. А.А. Ячевский (40) и проф. Н.А. Наумов (69). Также сохраняются образцы таксонов таких российских микологов, как Абрамов И.Н. (69), Н.Н. Воронихин (1), Г.Н. Дорогин (3), А.С. Летов (3), К.Е. Мурашкинский (1), Н.А. Пальчевский (6), В.И. Потлайчук (15), А.И. Райлло (3), А.Д. Фокин (3). Особую уникальность представляют типовые материалы таксонов, описанные авторами, и хранящиеся в Гербарии.

Гербарный материал, связанный с грибами рода *Fusarium*, включает не только отечественные, но и иностранные образцы, собранные в течение прошлых столетий в виде серий эксикат: «Rabenhorst L. Klotzschii Herbarium Vivum Mycologicum, 1832–1855» (4 гербарных образца); «v. Thumen, Herb. Mycol. Oeconomicum, 1875–1884»(4 образца); «Rabenhorst L. Fungi europaei exsiccati, 1872–1886» (4 образца), «Roumeguère C. 1886. Fungi Gallici exsiccati. Centurie XXXVIII., 1890» (15 образцов); Cooke M. C. Fungi Britannici exsiccati a collecti,1844 (2 образца); Saccardo P.A. Fungi Italici Autographice Delineati: Hyphomycetes. Ascomycetes. 1873–1880 (2 образца). Более 80 образцов относятся к периоду сбора между 1844–1899 гг. Самые ранние образцы, связанные с таксоном *Fusarium,* собранные James Edward Vize в Тейм (Оксфордшир, Великобритания) на стеблях крапивы и датируемые февралём 1844 г., хранятся уже более 180 лет – LEP 124948 и LEP 124949 *F. tremelloides* Grev.,1822 (совр. *Calloria tremelloides* (Grev.) L. Lombard, in Crous et al., 2021). Безусловно, гербарные образцы представляют значительный интерес для таксономических исследований грибов и востребованы микологами.

В лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР в 1992 г. под руководством **проф. Левитина Марка Михайловича** была сформирована коллекция грибов, значительная часть которой представлена штаммами грибов *Fusarium* (куратор Шипилова Н.П.). Коллекция зарегистрирована во Всероссийской коллекции микроорганизмов (www.vkm.ru) (шифр WDCM #760 м/о) и входит в Государственную коллекцию микроорганизмов, патогенных для растений и их вредителей (ВИЗР). Коллекция фузариевых грибов основана на материале, собранном в различных регионах России и на территориях стран дальнего и ближнего зарубежья, и включает штаммы, выделенные из различных видов культурных и дикорастущих растений, из почвы и насекомых. Первые штаммы *Fusarium*, сохранённые в коллекции, датируются 1982 г., и она ежегодно продолжает пополняться новыми организмами, которые постепенно подвергаются молекулярному генотипированию и используются для изучения разнообразных свойств грибов сотрудниками лаборатории и специалистами других учреждений. К перечню наиболее актуальных вопросов, связанных с грибами рода *Fusarium*, относятся: 1) таксономия и систематика грибов с выявлением амплитуды изменчивости разнообразных свойств и признаков; 2) установление общих закономерностей в географическом расселении видов и выявление круга организмов-хозяев; 3) вредоносность вызываемых ими заболеваний и пути её уменьшения.

Активное внедрение молекулярно-генетических технологий в исследования в лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР привело к описанию новых для науки видов фузариевых грибов – *F. ussurianum*, *F. sibiricum*, *F. bilaiae*, *F. neoglobosum* Gagkaeva, Orina, & Gavrilova (Gagkaeva et al., 2023, 2025; Yli-Mattila et al., 2011) и уточнению видового разнообразия фузариевых грибов на территории нашей

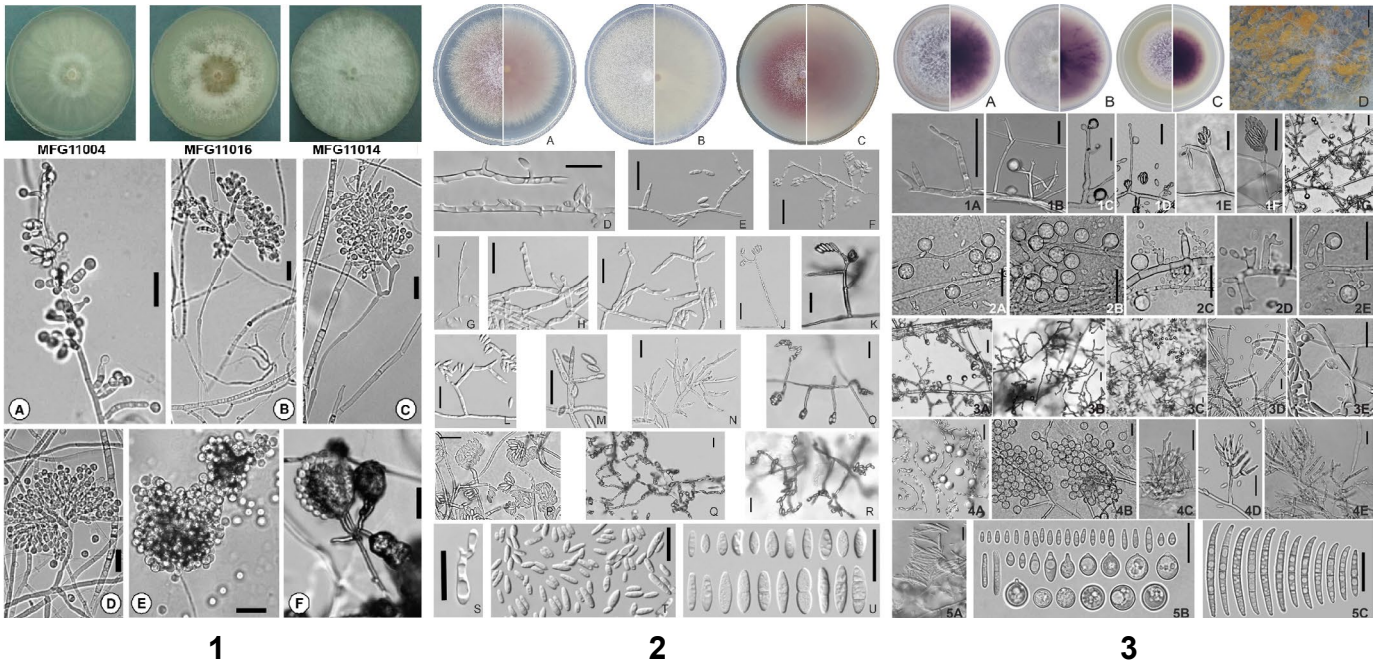


Рисунок 12. Культуральные и микроморфологические характеристики ранее неизвестных видов грибов *Fusarium*, описанных на основе штаммов, хранящихся в коллекции культур микроорганизмов лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР. Официальные научные описания видов представлены в научных публикациях: (1) *F. sibiricum* Gagkaeva, Burkin, Kononenko, Gavrilova, O'Donnell, T. Aoki & Yli-Mattila (Yli-Mattila et al., 2011) ; (2) *F. bilaiae* Gagkaeva, Orina, Gomzhina & Gavrilova (Gagkaeva et al., 2023) ; (3) *F. neoglobosum* Gagkaeva, Orina, & Gavrilova (Gagkaeva et al., 2025)

Figure 12. Cultural and micromorphological characteristics of the newly encountered *Fusarium* species, described on the basis of strains maintained in the collection of microorganisms of the mycology and phytopathology laboratory of VIZR. The formal scientific species descriptions articulated through the scientific publications: (1) *F. sibiricum* Gagkaeva, Burkin, Kononenko, Gavrilova, O'Donnell, T. Aoki & Yli-Mattila (Yli-Mattila et al., 2011); (2) *F. bilaiae* Gagkaeva, Orina, Gomzhina & Gavrilova (Gagkaeva et al., 2023); (3) *F. neoglobosum* Gagkaeva, Orina, & Gavrilova (Gagkaeva et al., 2025)

страны (Gavrilova et al., 2024; Orina et al., 2023; Гаврилова и др., 2022, 2023; Гагкаева и др., 2024; Гомжина и др., 2021; Орина и др., 2024) (рис. 12).

Сейчас происходит бурное развитие таксономии грибов с использованием молекулярно-генетических методов, которые качественно изменили классификацию, и привели к кратному увеличению числа видов грибов. Систематики прошлого века, используя морфометрические признаки, описали большое число видов фузариевых грибов, объединяя организмы по сходству визуально заметных признаков при установлении амплитуды их возможной изменчивости. Как правило, основные классификации рода *Fusarium* классического периода во многом удивительно точно определили родственные связи этой группы грибов, что только подтверждает талантливость исследователей, которые при общей скудности диагностических признаков и значительной внутривидовой морфологической изменчивости с перекрывающимися границами стандартов видов, смогли понять архитектонику закономерностей строения этого сложного таксона. Таким образом, активное развитие таксономии грибов основано на опубликованных умозаключениях и описаниях, гербарных образцах и штаммах грибов, которые собрали, описали и сохранили наши предшественники. Вчитываясь в публикации исследователей предшествующих поколений и знакомясь с их судьбами, нельзя не восхититься самоотверженностью в поиске новых научных знаний и не пожалеть, что многие детали их биографий утеряны. Однако каждый раз убеждаешься, что, невзирая на сложные времена, в которых они жили (а когда они были легкими?), жизнь этих учёных была наполненной и успешной.

Благодарности

Работа проводилась с использованием Микологического гербария LEP и Государственной коллекции микроорганизмов, патогенных для растений и их вредителей, поддерживаемых в ФГБНУ ВИЗР.

Библиографический список (References)

Бабаян АА (1964) Воспоминания об А.А. Ячевском. *Труды Всесоюзного научно-исследовательского института защиты растений.* 23:42–45

Багаева ЕВ (1995) Воспоминания о профессоре К.Е. Мурашкинском. https://story-sibaka.ucoz.ru/index/0-153 (10.03.2025)

Батикян СГ (1969) Новые данные о представителях рода *Fusarium* в Армянской ССР. *Биологический журнал Армении* 22(8):81–93

Батикян СГ (1971) Обзор обнаруженных в Армении видов и форм *Fusarium*. *Биологический журнал Армении* 24(7):101–104

Билай ВИ (1955) Фузарии. Киев: АН УССР. 320 с.

Билай ВИ, Гвоздяк РИ, Скрипаль ИГ, Краев ВГ (1988) Микроорганизмы-возбудители болезней растений. Отв. ред. В.И. Билай, Киев, Наук. думка, 552 с.

Билай ВИ (1977) Фузарии (биология и систематика). Киев: Наук. Думка. 442 с.

Василевский ВД (2024) Изломы судьбы и научные труды профессора К.Е. Мурашкинского. Ученые-естествоиспытатели: забытые имена и факты. Материалы Третьей Всероссийской конференции. 1:14–20

Воронин НС (1890–1892) О «пьяном» хлебе в Южно-Уссурийском крае. Ботанические записки, издаваемые при Ботаническом саде СПб, 3:13–21

Воронихин НН (1920) *Fusarium albiziae*, nov.sp., как возможная причина гибели шелковистой акации (*Albizzia Julibrissin* Duraz.) в Батумском округе. *Вестн Тифлисск Ботан Сада* 48:34

Гаврилова ОП, Гагкаева ТЮ (2020) Новые сведения о распространении на территории России гриба *Fusarium langsethiae*, продуцирующего Т-2 и НТ-2 токсины. *Вестник защиты растений* 103(3):201–206. https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-3-13282

Гаврилова ОП, Гагкаева ТЮ, Гогина НН (2022) Выявление спектра микотоксинов, продуцируемых штаммами филогенетически близкородственных видов *Fusarium langsethiae*, *F. sibiricum* и *F. sporotrichioides. Успехи медицинской микологии*. 23:261–265

Гаврилова ОП, Гагкаева ТЮ, Орина АС, Гогина НН (2022) Разнообразие грибов рода *Fusarium* и их микотоксинов в зерне из азиатской части России. *Микология и фитопатология* 56 (3):194–206. https://doi.org/10.31857/S0026364822030035

Гаврилова ОП, Орина АС, Гагкаева ТЮ (2023) Разнообразие и патогенность грибов рода *Fusarium*, встречающихся в микобиоте сои. *Российская сельскохозяйственная наука* 3:31–35. https://doi.org/10.31857/S2500262723030067

Гагкаева ТЮ (2023) Значительные изменения в классификации грибов рода *Fusarium. Успехи медицинской микологии*, 25:54–59. eLIBRARY ID: 54030586

Гагкаева ТЮ (1994) Эколого-популяционные исследования гриба *Fusarium graminearum* Schwabe и фузариозоустойчивость пшениц и эгилопсов. *Автореф. дисс. … к.б.н.*, СПб. 22 с.

Гагкаева ТЮ, Гаврилова ОП, Орина АС (2024) Дифференциация грибов *Fusarium temperatum* и *F. subglutinans* из комплекса видов *F. fujikuroi*. *Микология и фитопатология* 58(1):54–68. https://doi.org/10.31857/S0026364824010067

Гомжина ММ, Гасич ЕЛ, Гагкаева ТЮ, Ганнибал ФБ (2021) Микобиота черники, произрастающей на северо-западе России и в Финляндии. *Микология и фитопатология* 55(5):353–370. https://doi.org/10.31857/S0026364821050056

Дмитриев АП (2013) А.А. Ячевский и развитие его идей в современном мире. Материалы международной научной конференции «Проблемы микологии и фитопатологии в XXI веке», СПб. 28–38

Иоффе АЗ (1950) Токсичность грибов на перезимовавших в поле злаках (к этиологии алиментарно-токсической алейкии. *Автореф. дисс. … к.б.н.* Л. 13 с.

Квашнина ЕС (1971) Токсико-биологические свойства грибов рода *Fusarium* и вызываемые ими микотоксикозы животных и человека. *Дисс. … д.б.н.* Москва, 429 с.

Квашнина ЕС (1974) К систематике грибов рода F*usarium* Lk. ex Fr. *Микология и фитопатология* 8(4):364–368

Квашнина ЕС (1979) Морфолого-культуральные свойства видов рода *Fusarium* секции *Sporotrichiella* и их ареал в СССР. *Микология и фитопатология* 13(1):3–10

Левитин ММ, Гагкаева ТЮ (1991) Сравнительный анализ популяции *Fusarium graminearum* Schwabe выделенных с разных органов озимой пшеницы. *Микология и фитопатология* 25(1):73–79

Летов АС (1929) Новый вид *Fusarium* на хлопчатнике. Материалы по микологии и фитопатологии. Л. 8(1):219–230

Мурашкинский КЕ (1924) Материалы по изучению фузариоза хлебов. 1. Виды рода *Fusarium* на хлебах Сибири. *Труды Сибирской сельскохозяйственной академии*. 3:104–138

Наумов НА (1916) Пьяный хлеб. Наблюдения над несколькими видами р. *Fusarium*. Труды Бюро по Микологии и Фитопатологии Ученого Комитета. Петроград, N 12. 216 с.

Новотельнова НС, Потлайчук ВИ (2000) Николай Александрович Наумов (1888–1959). М.: Наука, 144 с.

Орина АС, Гаврилова ОП, Трубин ИИ, Гагкаева ТЮ (2024) Грибы комплекса видов *Fusarium solani* в микобиоте клубней картофеля: видовое разнообразие, патогенность и чувствительность к фунгицидам. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture* 16(6): 286–312. https://doi.org/10.12731/2658-6649-2024-16-6-1004

Оршанская ВН (1964) Воспоминания о Бюро Микологии и Фитопатологии и об Артуре Артуровиче Ячевском как его руководителе и человеке. Труды Всесоюзного научно-исследовательского института защиты растений. Сборник материалов симпозиума, посвященного М.С. Воронину и А.А. Ячевскому. Л. 23: 45–48

Пальчевский НА (1891) Болезни культурных злаков Южно-Уссурийского края. СПб. 43 с.

Пидопличко НМ (1977) Грибы-паразиты культурных растений. Определитель, т. 2, Киев: Наукова думка. 300 с.

Радзик АЮ (2013) История рода Артура Артуровича Ячевского. Сборник материалов международной научной конференции «Проблемы микологии и фитопатологии в XXI веке», СПб. 46–50

Райлло АИ (1950) Грибы рода *Fusarium*. М.: Сельхозгиз. 1950. 416 с.

Родигин МН (1942) Новые виды микологической флоры Нижнего Поволжья. *Труды Башкирского сельскохозяйственного института* 3:99–101

Саркисов АХ (1948) Перезимовавшие под снегом зерновые культуры. М.: Мин. сел.-хоз. СССР, 108 с.

Саркисов АХ, Квашнина ЕС (1948) Токсико-биологические свойства грибов *Fusarium sporotrichioides*. В кн.: Перезимовавшие под снегом зерновые культуры. М.: МСХ СССР. 86–92

Спешнев НН (1905) О некоторых новых и менее известных грибных паразитах шелковицы. *Труды Кавказской шелководственной станции*. Тифлис, 10(2):30–36

Шипилова НП, Иващенко ВГ (2008) Систематика и диагностика грибов рода *Fusarium* на зерновых культурах. СПб. 84 с.

Ячевский АА (1927) К филогенетике грибов. Юбилейный сборник, посвященный И. П. Бородину. Л. Издание Гос. Русского ботанического общества. 142–179

Ячевский АА (1904) О пьяном хлебе. *Бюллетень о заболевании* 11:89–92

Ячевский АА (1933) Основы микологии. М.; Л.: Сельхозгиз, 1037 с.

Aoki T, O'Donnell K, Geiser DM (2014) Systematics of key phytopathogenic *Fusarium* species: current status and future challenges. *J Gen Plant Pathol* 80:189–201. https://doi.org/10.1007/s10327-014-0509-3

Crous PW, Lombard L, Sandoval-Denis M, Seifert KA et al. (2021) *Fusarium*: more than a node or a foot-shaped basal cell. *Stud Mycol* 98:100116. https://doi.org/10.1016/j.simyco.2021.100116

Daboussi M-J, Davière J-M, Graziani S, Langin T (2002) Evolution of the Fot1 transposons in the genus *Fusarium*: discontinuous distribution and epigenetic inactivation. *Mol Biol Evol* 19(4):510–520. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a004106

Gagkaeva T, Orina A, Gavrilova O (2021) Fusarium head blight in the Russian Far East: 140 years after description of the 'drunken bread' problem. *PeerJ* 9:e12346. https://doi.org/10.7717/peerj.12346

Gagkaeva T, Orina A, Gavrilova O (2025) *Fusarium neoglobosum*, a novel species within the Asian clade of *Fusarium fujikuroi* complex. *Mycologia* 117(5). https://doi.org/10.1080/00275514.2025.2516968

Gagkaeva T, Gavrilova O, Levitin M, Kononenko G et al. (2006) Characterization of distribution, cultural characters and T-2 toxin production of *F. sporotrichioides, F. poae* and *F. langsethiae* from Russia. In: Book of Abstracts. European *Fusarium* Seminar 19–22 September 2006, Wageningen, The Netherlands, 49

Gagkaeva TYu, Levitin M (1997) Composition of *Fusarium graminearum* Schwabe populations collected from different regions of Russia. *Cereal Res Commun* 25(3/2):591–593

Gagkaeva TY, Orina AS, Gomzhina MM, Gavrilova OP (2023) *Fusarium bilaiae* – a new cryptic species of *Fusarium fujikuroi* complex, associated with sunflower. *Mycologia* 115(6):787–801. https://doi.org/10.1080/00275514.2023.2259277

Gagkaeva TY, Yli-Mattila T (2004). Genetic diversity of *Fusarium graminearum* in Europe and Asia. In: Mulè, G., Bailey, J.A., Cooke, B.M., Logrieco, A. (eds) Molecular diversity and PCR-detection of toxigenic *Fusarium* species and ochratoxigenic fungi. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2285-2_10

Gavrilova O, Orina A, Trubin I, Gagkaeva T (2024) Identification and pathogenicity of *Fusarium* fungi associated with dry rot of potato tubers. *Microorganisms* 12:598. https://doi.org/10.3390/microorganisms12030598

Geiser DM, Aoki T, Bacon CW, Baker SE et al (2013) One fungus, one name: defining the genus *Fusarium* in a scientifically robust way that preserves longstanding use. *Phytopathol* 103:400–408. https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-12-0150-LE

Geiser DM, Al-Hatmi AMS, Aoki T, Arie T et al. (2021) Phylogenomic analysis of a 55.1 kb 19-gene dataset resolves a monophyletic *Fusarium* that includes the *Fusarium solani* species complex. *Phytopathol* 111:1064–1079. https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-20-0330-LE

Gerlach W, Nirenberg HI (1982) The genus *Fusarium* – a pictorial atlas. Mitt. Biol. Bundesanst Land-Forstw., Berlin-Dahlem. 209. 406 pp.

Jaczewski A (1912) Quelques nouvelles especes de *Fusarium* sur Cereales. *Extrait du Bulletin de la Societe Mycologique de France* 28(4):1–10 (in French)

Joffe AZ (1986) *Fusarium* species: their biology and toxicology. John Willey & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Totonto, Singapore. 588 pp.

Joffe AZ (1960) The mycroflora of overwintered cereals and its toxicity. *Bull Research Council Israel* 9D: 101–126

Joffe AZ (1963) Toxicity of overwintered cereals. *Plant Soil* 18:31–44. https://doi.org/10.1007/BF01391678

Laraba I, McCormick SP, Vaughan MM, Geiser DM et al K. (2021) Phylogenetic diversity, trichothecene potential, and pathogenicity within *Fusarium sambucinum* species complex. *PLoS ONE* 16(1):e0245037. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245037

Liu W, Sundheim L, Langseth W (1998) Trichothecene production and the relationship to vegetative compatibility groups in *Fusarium poae*. *Mycopathol* 140:105–114. https://doi.org/10.1023/A:1006858711024

Marasas WFO, Nelson P E, Toussoun TA (1984) Toxigenic *Fusarium* species: identity and mycotoxicology. Penn State University Press. 328 pp.

MycoBank, https://www.mycobank.org/(12.03.2025)

O'Donnell K, Ward TJ, Aberra D, Kistler HC et al. (2008) Multilocus genotyping and molecular phylogenetics resolve a novel head blight pathogen within the *Fusarium graminearum* species complex from Ethiopia. *Fungal Genet Biol* 45:1514–1522. https://doi.org/10.1016/j.fgb.2008.09.002

O'Donnell K, Ward TJ, Geiser DM, Kistler HC et al. (2004) Genealogical concordance between the mating type locus and seven other nuclear genes supports formal recognition of nine phylogenetically distinct species within the *Fusarium graminearum* clade. *Fungal Genet Biol* 41: 600–623. https://doi.org/10.1016/j.fgb.2004.03.003

O'Donnell K, Rooney AP, Proctor RH, Brown DW et al. (2013). Phylogenetic analyses of RPB1 and RPB2 support a middle Cretaceous origin for a clade comprising all agriculturally and medically important fusaria. *Fungal Genet Biol* 52:20–31. https://doi.org/10.1016/j.fgb.2012.12.004

Orina AS, Gavrilova OP, Gagkaeva TYu (2023) Novel cruciferous plant host of *Fusarium temperatum*, a species mainly associated with maize. *Australas Plant Dis Notes* 18 (1): 37. https://doi.org/10.1007/s13314-023-00523-0

Panahian Gh, Rahnama K (2010) *Fusarium* wilts on native silk trees (*Albizia julibrissin* Durz) in the north of Iran, Gorgan. *Int J Plant Prod* 1 (1):1–5

Reed HE (1968) Plant disease investigations of Dr. C.D. Sherbakoff. *Tennessee Farm and Home Science* 1–3:24–29

Sandoval-Denis M, Lombard L, Crous PW (2019) Back to the roots: a reappraisal of *Neocosmospora*. *Persoonia* 43:90–185. https://doi.org/10.3767/persoonia.2019.43.04

Sherbakoff CD (1915) Fusaria of potatoes. Ithaca, N.Y.: Cornell University. 6:87–270

Torp M, Langseth W (1999) Production of T-2 toxin by a *Fusarium* resembling *Fusarium poae*. *Mycopathol* 147:89–96. https://doi.org/10.1023/A:1007060108935

Torp M, Nirenberg HI (2004) *Fusarium langsethiae* sp. nov. on cereals in Europe. *Int J Food Microbiol* 95:247–256. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2003.12.014

Thrane U, Adler A, Clasen PE, Galvano F, Langseth W et al (2004) Diversity in metabolite production by *Fusarium langsethiae*, *Fusarium poae*, and *Fusarium sporotrichioides*. *Int J Food Microbiol* 95(3):257–266. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2003.12.005

Witte TE, Hicks C, Hermans A, Shields S, et al. (2024) Debunking the Myth of *Fusarium poae* T-2/HT-2 Toxin Production. *J Agric Food Chem* 72(8):3949–3957. doi: 10.1021/acs.jafc.3c08437.

Wollenweber HW, Reinking OA (1935) Die *Fusarium*, ihre Beschreiburg, Schadwirkung und Bekampfung. Berlin, Paul Parey. 355 p.

Wollenweber HW, Sherbakoff CD, Bailey AA, Reinking OA et al (1925) Fundamentals for taxonomic studies of *Fusarium*. *J Agric Res* 30(9):833–843

Yli-Mattila T, Gagkaeva T, Ward TJ, Aoki T et al (2009) A novel Asian clade within the *Fusarium graminearum* species complex includes a newly discovered cereal head blight pathogen from the Far East of Russia. *Mycologia* 101(6):841–852. https://doi.org/10.3852/08-217

Yli-Mattila T, Ward TJ, O'Donnell K, Proctor RH et al (2011) *Fusarium sibiricum* sp. nov, a novel type a trichothecene-producing *Fusarium* from northern Asia closely related to *F. sporotrichioides* and *F. langsethiae. Int J Food Microbiol* 147(1):58–68. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.03.007

Translation of Russian References

Babayan AA (1964) Vospominaniya ob A.A. Jaczewski. *Proceedings of the All-Union Research Institute for Plant Protection* 23:42–45 (In Russian)

Bagaeva E.V. (1995) Vospominaniya o professore K.E. Murashkinskom. https://story-sibaka.ucoz.ru/index/0-153 (10.03.2025) (In Russian)

Batikyan SG (1969) New data on representatives of the genus *Fusarium* in the Armenian SSR. *Biological Journal of Armenia* 22(8):81–93 (In Russian)

Batikyan SG (1971) Review of *Fusarium* species and forms found in Armenia. *Biological Journal of Armenia* 24(7):101–104 (In Russian)

Bilai VI (1955) *Fusaria*. Kyiv: Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. 320 pp. (In Russian)

Bilai VI, Gvozdyak RI, Skripal IG, Kraev VG (1988) Microorganisms causing plant diseases. Edit. by VI Bilai, Kyiv, Nauk. Dumka, 552 pp. (In Russian)

Bilai VI (1977) *Fusaria* (biology and taxonomy). Kyiv: Nauk. Dumka. 442 pp. (In Russian)

Vasilevskij V. D. (2024) Izlomy sud'by i nauchnye trudy professora K.E. Murashkinskogo. Uchenye-estestvoispytateli: zabytye imena i fakty. Materialy Tret'ej Vserossijskoj konferencii. 1: 14–20. (In Russian)

Voronin NS (1890–1892) On «drunken» bread in the South Ussuri region. Botanical notes published at the Botanical Garden of St. Petersburg, 3:13–21 (In Russian)

Voronikhin NN (1920) *Fusarium albiziae*, nov. sp., as a possible cause of death of silky acacia (*Albizzia Julibrissin*

Duraz.) in the Batumi district. *Vestn Tiflissk Botan Sada* 48:34 (In Russian)

Gavrilova OP, Gagkaeva TYu (2020) New data on the spread of the *Fusarium langsethiae* producing T-2 and HT-2 toxins in Russia. *Plant Protection News* 103(3):201–206. https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-3-13282 (In Russian)

Gavrilova OP, Gagkaeva TYu, Gogina NN (2022) Identification of the spectrum of mycotoxins produced by strains of phylogenetically closely related species *Fusarium langsethiae*, *F. sibiricum* and *F. sporotrichioides*. *Advances in Medical Mycology*. 23:261–265 (In Russian)

Gavrilova OP, Gagkaeva TYu, Orina AS, Gogina NN (2022) Diversity of *Fusarium* fungi and their mycotoxins in grain from the Asian part of Russia. *Mikologiya I fitopatologiya* 56 (3):194–206. https://doi.org/10.31857/S0026364822030035 (In Russian)

Gavrilova OP, Orina AS, Gagkaeva TYu (2023) Diversity and pathogenicity of *Fusarium* fungi found in soybean mycobiota. *Russian Agricultural Science* 3:31–35. https://doi.org/10.31857/S2500262723030067 (In Russian)

Gagkaeva TYu (2023) Significant changes in the classification of fungi of the *Fusarium* genus. *Advances in Medical Mycology*, 25:54–59. eLIBRARY ID: 54030586 (In Russian)

Gagkaeva TYu (1994) Ecological and population studies of the *Fusarium graminearum* Schwabe and fusarium resistance of wheat and Aegilops. *Thesis of the dissertation for the degree of Candidate of Biology*. St. Petersburg, 22 pp. (In Russian)

Gagkaeva TYu, Gavrilova OP, Orina AS (2024) Differentiation of *Fusarium temperatum* and *F. subglutinans* fungi from the *F. fujikuroi* species complex. *Mikologiya I fitopatologiya* 58(1):54–68. https://doi.org/10.31857/S0026364824010067 (In Russian)

Gomzhina MM, Gasich EL, Gagkaeva TYu, Gannibal FB (2021) Mycobiota of blueberries growing in northwestern Russia and Finland. *Mikologiya I fitopatologiya* 55(5):353–370. https://doi.org/10.31857/S0026364821050056 (In Russian)

Dmitriev AP (2013) A.A. Jaczewski and the development of his ideas in the modern world / Proceedings of the international scientific conference «Problems of mycology and phytopathology in the 21st century», St. Petersburg. 28–38.

Ioffe AZ (1950) Toxicity of fungi on cereals overwintered in the field (towards the etiology of alimentary-toxic aleukia. *Thesis of the dissertation for the degree of Candidate of Biology.* Leningrad. 13 pp. (In Russian)

Kvashnina ES (1971) Toxico-biological properties of fungi of the *Fusarium* genus and the mycotoxicoses they cause in animals and humans. The dissertation of the Doctor of Biological Sciences. Moscow. 429 pp.

Kvashnina ES (1974) On the taxonomy of fungi of *Fusarium* genus Lk. ex Fr. *Mikologiya I fitopatologiya* 8(4):364–368 (In Russian)

Kvashnina ES (1979) Morphological and cultural properties of species of the *Fusarium* genus, section *Sporotrichiella*, and their range in the USSR. *Mikologiya I fitopatologiya* 13(1):3–10 (In Russian)

Levitin MM, Gagkaeva TYu (1991) Comparative analysis of the population of *Fusarium graminearum* Schwabe isolated from different organs of winter wheat. *Mikologiya I fitopatologiya* 25(1):73–79 (In Russian)

Letov AS (1929) A new species of *Fusarium* on cotton. Materials on mycology and phytopathology. L. 8(1):219–230 (In Russian)

Murashkinsky KE (1924) Materials on the study of *Fusarium* grains. 1. Species of the *Fusarium* genus on grains of Siberia. Transactions of the Siberian Agricultural Academy. 3:104–138 (In Russian)

Naumov NA (1916) Drunken bread. Observations on several species of the *Fusarium* genus. Transactions of the Bureau of Mycology and Phytopathology of the Scientific Committee. Petrograd, N 12. 216 pp. (In Russian)

Novotelnova NS, Potlaychuk VI (2000) Nikolay Aleksandrovich Naumov (1888–1959). Moscow: Nauka, 144 pp. (In Russian)

Orina AS, Gavrilova OP, Trubin II, Gagkaeva TYu (2024) Fungi of the *Fusarium solani* species complex in the mycobiota of potato tubers: species diversity, pathogenicity and sensitivity to fungicides. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture* 16(6): 286–312. https://doi.org/10.12731/2658-6649-2024-16-6-1004 (In English)

Orshanskaya VN (1964) Memories of the Bureau of Mycology and Phytopathology and of Artur Arturovich Jaczewski as its leader and person. Trudy Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zashchity rastenij. Sbornik materialov simpoziuma, posvyashchennogo M.S. Voroninu i A.A. YAchevskomu. L, 23:45–48. (In Russian)

Palchevsky NA (1891) Diseases of cultivated cereals of the South Ussuri region. St. Petersburg. 43 pp. (In Russian)

Pidoplichko NM (1977) Fungi-parasites of cultivated plants. Opredelitel', v. 2, Kyiv: Naukova Dumka. 300 pp. (In Russian)

Radzik AYu (2013) History of the genus of Arthur Arturovich Jaczewski. Collection of materials of the international scientific conference "Problems of mycology and phytopathology in the XXI century", St. Petersburg. 46–50 (In Russian)

Raillo AI (1950) Fungi of the *Fusarium* genus. Moscow: Selkhozgiz. 1950. 416 p. (In Russian)

Rodigin MN (1942) New species of mycological flora of the Lower Volga region. *Transactions of the Bashkir Agricultural Institute* 3:99–101 (In Russian)

Sarkisov AK (1948) Grain crops that overwintered under snow. Moscow: USSR Ministry of Agriculture, 108 pp. (In Russian)

Sarkisov AK, Kvashnina ES (1948) Toxic and biological properties of *Fusarium sporotrichioides* fungi. In the book: Grain crops that overwintered under snow. Moscow: USSR Ministry of Agriculture, pp. 86–92 (In Russian)

Speshnev NN (1905) On some new and lesser-known fungal parasites of mulberry. *Transactions of the Caucasian Sericulture Station*. Tiflis, 10(2):30–36 (In Russian)

Shipilova NP, Ivaschenko VG (2008) Taxonomy and diagnostics of fungi of the *Fusarium* genus on grain crops. St. Petersburg. 84 pp. (In Russian)

Jaczewski AA (1927) On the phylogenetics of fungi. Yubilejnyj sbornik, posvyashchennyj I. P. Borodinu. L. Edition of the State. Russian Botanical Society. 142–179 (In Russian)

Jaczewski AA (1904) On drunken bread. Bulletin on the disease 11:89–92 (In Russian)

Jaczewski AA (1933) Fundamentals of mycology. Moscow; Leningrad: Selkhozgiz. 1037 pp. (In Russian)

Plant Protection News, 2025, 108(2), p. 60–77

OECD+WoS: 1.06+RQ (Mycology); 1.06+QU (Microbiology) https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-2-17007

Full-text review

CONTRIBUTION OF RUSSIAN AND SOVIET SCIENTISTS TO THE TAXONOMY OF *FUSARIUM* FUNGI

T.Yu. Gagkaeva*

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

**corresponding author, e-mail: t.gagkaeva@mail.ru*

This review presents information on researchers of Russian origin that have made significant benefaction to the taxonomy of *Fusarium* fungi, who described new species or contributed to their classification, whose names are included in the list of *Fusarium* taxa authors. Scientists worked in previous centuries did not have modern methods, but had deep scientific views, and their professional competence formed a globalizing basis for taxonomic achievements in the current mycology. The value of the legacy they left behind, including principles and methods of work, publications, and hundreds of herbarium specimens, is noted. Modern taxonomy of *Fusarium* fungi is a synthesis of information obtained by previous scientists based on the analysis of morphometric diversity and new data received using phylogenetic analysis of multilocus DNA sequences. As a result, the classification is undergoing a period of rapid development, new phylogenetic species are being actively described, many previously identified taxa have lost their legitimacy, which does not reduce the value of the information obtained at the initial stages of the development of the taxonomy of this group of fungi. Although there is extensive taxonomic work on *Fusarium* fungi, fungal diversity and genus structure remain poorly understood, and little is known of the distribution, biology, genetics of the vast majority of species, despite the well-known important role of these organisms in nature. Formally described *Fusarium* taxa represent only a small proportion of the expected species diversity, and future studies will significantly expand our understanding of the biodiversity of fungi and their ecological functions.

Keywords: history of science, classification, mycology, scientific knowledge, continuity

Submitted: 12.04.2025 *Accepted: 14.07.2025*

© Gagkaeva T.Yu., published by All-Russian Institute of Plant Protection (St. Petersburg).
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

OECD+WoS: 1.06+IY (Entomology); 4.01+AM (Agronomy) https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-2-17024

Мини-обзор

ПЕРСПЕКТИВЫ СОТРУДНИЧЕСТВА РОССИИ И КИТАЯ В ОБЛАСТИ ИЗУЧЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ПРИРОДЫ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ЧЛЕНИСТОНОГИХ ВРЕДИТЕЛЕЙ К ПЕСТИЦИДАМ

Е.С. Окулова[1], Д.А. Емельянов[1], И. Хэ[1], С. Цзян[2], Т.В. Матвеева[1]*

[1]Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург
[2] Институт защиты растений Китайской академии сельскохозяйственных наук, Пекин, Китай

**ответственный за переписку, e-mail: radishlet@gmail.com*

Представленный мини-обзор посвящен перспективам и ключевым направлениям сотрудничества России и Китая в области изучения молекулярной природы резистентности клещей и насекомых-вредителей к пестицидам. В работе представлена информация о наиболее вредоносных видах, распространенных в России и Китае, их ареалах, а также о молекулярно-генетических подходах к исследованию природы резистентности. Эти подходы включают в себя изучение полиморфизма генов мишеней действия препаратов, а также изучение экспрессии генов, отвечающих за детоксикацию пестицидов. Данные исследования для мониторинга распространения резистентности к пестицидам в популяциях насекомых и клещей и грамотного подбора стратегий контроля численности членистоногих вредителей в обеих странах. Помимо научных направлений сотрудничества важной задачей является совместная подготовка научно-педагогических кадров для данной отрасли сельскохозяйственных наук. Совместные усилия двух стран, реализованные через совместные исследования, обмен опытом и разработку новых технологий, могут привести к более эффективному использованию пестицидов, снижению затрат на их применение и повышению урожайности, что в свою очередь будет способствовать экономическому росту.

Ключевые слова: членистоногие-вредители, резистентность, акарициды, инсектициды

Поступила в редакцию: 22.04.2025 *Принята к печати: 15.07.2025*

Несмотря на успехи генной инженерии и традиционной селекции по созданию форм растений, устойчивых к вредителям, а также разнообразные методы биологической и микробиологической защиты растений, в современном сельском хозяйстве пестициды занимают важное место в контроле численности членистоногих вредителей для увеличения продуктивности растений, защиты урожая, контроля распространения заболеваний, переносимых вредителями. Часто применение пестицидов может быть более экономически выгодным по сравнению с другими методами борьбы с вредителями (Van Leeuwen et al., 2015; Sparks, Lorsbach, 2017; Сухорученко и др, 2024). Вместе с тем, в сельском хозяйстве существует серьезная проблема возникновения у насекомых и клещей резистентности к инсектицидам и акарицидам (Whalon et al., 2008; Venkatesan et al., 2022; De Rouck et al., 2023). Резистентность часто развивается из-за чрезмерного нецелевого использования препаратов, их неправильного применения (недостаточные дозы или нерегулярное применение), отсутствия ротации различных классов инсектицидов/акарицидов. Применение препаратов, к которым у популяции вредителей развилась устойчивость приводит к уменьшению эффективности контроля вредителей, к снижению урожайности. Поэтому мониторинг популяций вредителей и их чувствительности к инсектицидам играет решающую роль при научно-обоснованном выборе препаратов и их ротации (Whalon et al., 2008; Bass, Nauen, 2023; Сухорученко и др, 2024).

Сотрудничество России и Китая в области изучения резистентности к пестицидам у членистоногих вредителей сельского хозяйства имеет значительные перспективы, учитывая важность этой проблемы для обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития аграрного сектора. Страны имеют протяженную сухопутную границу, поэтому ареалы многих вредителей захватывают обе страны (https://agroatlas.ru). Перечень наиболее вредоносных видов и представлен в таблице 1.

Для мониторинга резистентности важное значение имеет ДНК-диагностика. Она включает в себя выявление изменений структуры и функций генов, связанных с детоксикацией инсектицидов/акарицидов, или потерей чувствительности к ним со стороны мишеней действия препаратов (Van Leeuwen et al., 2009, 2020). Например, было показано, что точковые мутации, приводящие к заменам аминокислот в гене натрий-калиевого насоса, вызывают резистентность к пиретроидам (широко используемым как в Китае, так и в России) у клещей и нескольких десятков видов насекомых из различных семейств, причем некоторые замены совпадают у резистентных особей видов, относящихся к разным семействам (Dong et al., 2014). Устойчивость к бифеназату придают мутации в гене цитохрома b, устойчивость к фосфорорганическим соединениям, применяемым повсеместно, обусловлена мутациями в гене ацетизхолинэстеразы, глутамат-управляемые хлоридные каналы являются мишенями разрешенных к применению в России и Китае авермектинов, а мутации в их генах приводят к резистентности к этим препаратам (De Rouck et al., 2023). Таким образом, для разработки молекулярных диагностикумов с целью. выявления аллелей генов, приводящих к потере чувствительности к

© Окулова Е.С., Емельянов, Хэ И., Цзян С., Матвеева Т.В. Статья открытого доступа, публикуемая Всероссийским институтом защиты растений (Санкт-Петербург) и распространяемая на условиях Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

препарату, требуется информация о нуклеотидных заменах, приводящих на уровне белка к конформационным изменениям и уменьшению сродства к препарату (Ilias et al., 2017; Mavridis et al., 2022). Детоксикация обычно связана с повышенной активностью ферментов, которые переводят пестициды в безопасную для организма форму до того, как они достигнут своих мишеней. Этот механизм обусловлен дифференциальной экспрессией генов детоксикации, которая может быть результатом изменений в регуляторных элементах (цис- или трансрегуляция) или дупликации генов (De Rouck et al., 2023). Ферменты цитохрома P450 (CYP) являются наиболее широко изученными ферментами детоксикации у различных видов, включая насекомых и клещей. Большинство из них относятся к семейству CYP392. Например, у *T. urtica* фермент P450 CYP392A11 способен метаболизировать бифеназат посредством гидроксилирования его кольцевой структуры (Lu et al., 2023). Эта ферментативная модификация значительно снижает токсичность бифеназата, тем самым способствуя развитию резистентности. Таким образом, для диагностики детоксикации пестицидов требуется знание вовлеченных в этот процесс ферментов, умение оценивать уровень экспрессии их генов (Dong et al., 2014; De Rouck et al., 2023).

В многочисленных исследованиях было показано, что аллели резистентности имеют неравномерное географическое распространение: их паттерн может сильно различаться в разных странах (De Rouck et al., 2023). Например, у обыкновенного паутинного клеща на сегодня известно только две мутации в гене цитохрома b, приводящие к резистентности к бифеназату и распространенные в Европе, Азии, Австралии, в то время как большинство мутаций встречаются локально (Van Leeuwen et al., 2008, 2020; Ilias et al., 2017; Fotoukkiaii et al., 2020). У этого же объекта аллели гена натрий-калиевого насоса (мишень пиретроидов), описанные в Северной Америке не встречаются в других частях света, в свою очередь европейские и азиатские аллели отсутствуют в Америке (Van Leeuwen et al., 2020). У капустной моли описано шесть мутаций, приводящих к устойчивости к пиретроидам. При этом в Азии встречаются все шесть SNP (Single Nucleotide Polymorphisms), а в Австралии только три из них (Shen et al., 2023; Liu et al., 2024; Kwon et al., 2004; Endersby et al., 2011; Sonoda et al., 2010)

Следовательно, изучение молекулярно-генетической природы резистентности с целью создания диагностических систем для мониторинга популяций насекомых вредителей на территории России и Китая является крайне актуальной задачей. Особо остро проблема стоит в отношении трансграничных мигрирующих видов, таких как совка восточная луговая (*Mythimna separata*), капустная моль (*Plutella xylostella*), и колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata*) (https://agroatlas.ru/ru).

Для изучения полиморфизма генов – мишеней действия пестицидов необходимо объединить усилия двух стран в развитии эффективных и производительных методов анализа большого количества образцов.

Китайскими коллегами проведена серия исследований механизмов резистентности к пестицидам у *T. urticae, F. occidentalis, P. xylostella, Leptinotarsa decemlineata*. Реализованные ими подходы были основаны на методах секвенирования по Сэнджеру и NGS (Guo et al., 2014; Zhang et al., 2013, 2021; Xu et al., 2021 Shi et al., 2023). Российскими учеными описана мутация, приводящая к резистентности паутинного клеща к бифентрину и абамектину (Mitina et al., 2021), а также описана динамика изменения частот аллелей резистентности к пиретроидам и фосфорорганическим соединениям у колорадского жука (Беньковская и др., 2008; Syrtlanova, Kitaev, 2015). Привлечение методик геномного секвенирования образцов из разных популяций открывает новые возможности исследований (Van Leeuwen et al., 2013). Целевые библиотеки, полученные из полных препаратов ДНК популяций членистоногих, гетерогенны в отношении изучаемых аллелей. Глубокое секвенирование этих библиотек с последующим биоинформатическим и статистическим анализом позволяет определить соотношения аллелей в библиотеках ДНК и, следовательно, частоты аллелей в популяциях (Van Leeuwen et al., 2013). Имея картину возможных целевых SNP, представляется перспективной разработка диагностикумов на основе ПЦР в реальном времени для генотипирования популяций вредителей. Диагностические системы на основе KASP-анализа (Kompetitive Allele Specific PCR) позволили выявить частоты аллелей резистентности к различным препаратам в китайских популяциях *T. urticae*, *F. occidentalis, P. xylostella* (Mavridis. et al., 2022; Sun et al., 2022; Shen et al, 2023a,b). Создание панелей для высокопроизводительной ПЦР (типа Fluidigm Biomark) позволяет оптимизировать анализ по времени и затратам реактивов (Oshiki et al. 2018).

В дополнение к описанным выше методам для изучения структуры популяций и филогеографических исследований перспективно использовать микросателлитные молекулярные маркеры, поскольку они равномерно распределены по геному, вариабельны, не требуют больших финансовых вложений по сравнению с секвенированием геномов, легки в использовании, информативны, не требуют больших количеств биоматериала для анализа (Milner et al. 2013). Анализ распространения аллелей и их частот может дать информацию о генетической близости популяций и путях миграций (Esselink et al., 2006). Такие подходы обеспечили оценку генетического родства и происхождения различных популяций колорадского жука, обитающих на территории США (Izzo et al., 2018), а также позволили разделить турецкие популяции вредителя на три инвазивные группы (Özkan Koca ye al., 2022). Микросателлитные маркеры также использовались для описания структуры популяций и их филогенетические связи у капустной моли в Австралии (Endersby et al., 2006) и Тайване (Ke et al., 2015).

Таким образом можно получить относительно полную картину частот аллелей резистентности к различным препаратам в популяциях, а также прогнозировать возможные пути распространения резистентных форм. Это позволит выбрать оптимальные комбинации препаратов для контроля численности вредителей. Россия и Китай могут обмениваться данными о распространении резистентных популяций, а также методами их мониторинга и контроля. Это может включать разработку новых пестицидов и альтернативных методов борьбы с вредителями.

Создание совместных лабораторий и продолжительное сотрудничество в рамках совместных грантов научных

фондов обоих государств может способствовать более глубокому изучению проблемы резистентности и разработке эффективных стратегий управления численностью вредителей.

Сотрудничество в области образования и подготовки специалистов в области агрономии, фитопатологии и экологии (Тихонович и др., 2020) может повысить уровень знаний и навыков в обеих странах.

Совместные усилия двух стран, реализованные через совместные исследования, обмен опытом и разработку новых технологий, могут привести к более эффективному использованию пестицидов, снижению затрат на их применение и повышению урожайности, что в свою очередь будет способствовать экономическому росту.

Таблица 1. Наиболее вредоносные виды членистоногих, встречающиеся в России и Китае

Вредитель	Поражаемые культуры	Ареал распространения в России	Ареал распространения в КНР	Статистика IRAC (сколько случаев резистентности выявлено)*	Источники
1	2	3	4	5	6
Отряд Acarina (Клещи)					
Tetranychus urticae Koch Обыкновенный паутинный клещ	Полифаг, поражает свыше 1100 видов растений: овощи (томаты, огурцы и др.), плодовые деревья, ягодники, технические культуры и декоративные растения.	Встречается во всех регионах России (в закрытом грунте); один из наиболее распространённых вредителей тепличных хозяйств.	Широко распространён по всей территории Китая на различных культурах. Встречается как в открытом грунте южных провинций, так и в теплицах по всей стране.	558	Сухорученко и др., 2024; Migeon et al., 2010; CABI Digital Library (2021a)
Panonychus citri Mc. Gr. Красный цитрусовый клещ	Является полифагом, поражающим более 111 видов растений, включая миндаль, грушу, виноград, пальмы, декоративные и вечнозелёные кустарники. Однако предпочтение отдаёт цитрусовым культурам, таким как лимон, грейпфрут, апельсин и мандарин.	Распространён в южных регионах (Краснодарский край).	Широко представлен в основных цитрусовых регионах Китая, распространился с юга Китая на север.	106	Сухорученко и др., 2024; Demard, Qureshi, 2022; Hu et al., 2022; Shao et al., 2025
Отряд Orthoptera (Прямокрылые)					
Locusta migratoria L. Азиатская перелётная саранча	Полифаг, повреждает злаки, бобовые, овощные, бахчевые, технические культуры, плодовые и лесные саженцы, а также сенокосы и пастбища.	Широко распространена в южных регионах России, включая Центральную часть, Кавказ, юг Сибири, Приморский край, Курильские острова.	Широко распространена: регулярно отмечается в 17 провинциях Китая.	1	Ovsyannikova, Grichanov, 2008a; Zhang, Hunter, 2017
Отряд Hemiptera (Членистохоботные)					
Myzus persicae Sulz. Персиковая тля	Первичный хозяин – персик. Число видов вторичных хозяев достигает 400. Вызывая потери важных агропромышленных культур (включая картофель, сахарную свеклу и табак), садовых культур (включая растения семейств Brassicaceae, Solanaceae и Cucurbitaceae) и косточковых (персика, абрикоса и вишни).	Широко распространена на всей территории, особенно в районах с развитым овощеводством и плодоводством; обычна в умеренных и южных зонах.	Повсеместно встречается в большинстве аграрных регионов страны; особенно многочисленна в северных и центральных провинциях с широким выращиванием персика, овощей и технических культур.	522	Григоровская, Зайцева, 2021b; Li et al., 2016; CABI Digital Library, 2021b

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Aphis gossypii Glov. Бахчевая тля	Вид является широким полифагом. Повреждает культурные и сорные растения семейств розоцветных, маревых, мальвовых, крестоцветных, тыквенных, пасленовых, сложноцветных и др. Наибольшая вредоносность наблюдается на хлопчатнике.	Распространена на территории России до 54° северной широты. Она встречается в Западной Сибири и наносит вред в степной зоне Украины, на Северном Кавказе, в Средней Азии, Казахстане, Закавказье, а также в Среднем и Нижнем Поволжье.	Широко распространена по всей территории Китая; особенно многочисленна в северных и северо-восточных регионах, включая провинции Хэбэй, Ляонин, Хэнань, где выращиваются хлопчатник, бахчевые и овощные культуры.	438	Berim, 2008; Luo et al., 2016; Cocuzza, 2022
Trialeurodes vaporariorum Westw. Тепличная белокрылка	Полифаг, поражающий более 250 видов растений, преимущественно овощные культуры (огурец, томат, перец, баклажан), а также декоративные и цветочные растения в защищённом грунте. Повреждения вызывают угнетение роста растений, снижение урожайности и перенос вирусных заболеваний.	Повсеместно в тепличных хозяйствах, особенно широко распространена в Центральном, Северо-Западном и Южном федеральных округах России. Встречается в защищённом грунте и является одним из основных вредителей тепличного овощеводства.	Широко распространена в тепличных комплексах и открытом грунте преимущественно южных, восточных и центральных регионов страны. Высокая численность отмечается в провинциях Шаньдун, Цзянсу, Чжэцзян, Гуандун, Фуцзянь и других овощеводческих регионах Китая.	146	Сухорученко и др., 2024; Erdogan et al., 2021; Eppo Global Database, 2024
Bemisia tabaci Genn. Табачная белокрылка	Полифаг, все биотипы которого поражают до 600 видов,наибольший вред наносятся посадкам маниоки, хлопка, батата, табака и томата.	Отмечено проникновение этого вредителя в тепличные хозяйства. Биотип С этого вредителя присутствует в Крыму и в южных регионах Российской Федерации	Вредитель распространён повсеместно, особенно в южных и восточных регионах (Гуандун, Фуцзянь, Цзянсу, Чжэцзян).	934	Волков, 2006; Shun-xiang et al., 2001; Cuthbertson, 2022; EPPO Datasheet: *Bemisia tabaci*, 2023
Отряд Lepidoptera (Чешуекрылые)					
Helicoverpa armigera Hbn. Хлопковая совка	Питается 300 видами растений, с том числе коммерческо важными сельскохозяйственными культурами. Наибольший ущерб наносит хлопчатнику, томату, кукурузе, нуту, люцерне, табаку. Может повреждать сою, горох, тыкву, кабачок, клещевину, кенаф, джут (предпочитает плодовые части растений).	В России ареал хлопковой совки охватывает лесостепную и степную зоны, достигая южной границы тайги, может мигрировать в более северные зоны.	Широко распространена по всей территории Китая. Зарегистрирована в более чем 20 провинциях, включая Аньхой, Фуцзянь, Гуандун, Хэбэй, Хэнань, Синьцзян, Юньнань, Шаньдун, Шэньси и др., как в северных, так и в южных регионах страны.	892	Семеренко, Бушнева, 2023; Chumakov, Kuznetsova, 2008a; EPPO Datasheet: *Helicoverpa armigera*, 2020
Plutella xylostella L. Капустная моль	Специализированный вредитель крестоцветных культур: капуста, брюква, рапс и др. Особенно сильно вредят капусте и горчице. Повреждают также нут и салат посевной, питаются дикими крестоцветными растениями: пастушьей сумкой (Capsella bursa-pastoris), сурепкой (Barbarea vulgaris), гулявником (Sisimbrium loeseli и S. sophia), сурепицей (Brassica campestris), редькой дикой (Raphanus raphanistrum) и др.	Встречается в России повсеместно. Ареал распространения в европейской части вычерчен по границе зоны тундры и тайги.	Широко распространена на всей территории Китая. Особенно многочисленна в сельскохозяйственных районах северных, центральных и восточных провинций, таких как Хэбэй, Хэнань, Шаньдун, Шэньси, Цзянсу, Аньхой и Хубэй.	1099	Ovsyannikova, Grichanov, 2008b; Mason, 2022

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Cydia pomonella L. Яблонная плодожорка.	Основным кормовым растением являются дикие и культурные яблони; сильно вредит плодам груши и айвы, изредка косточковым – персику, абрикосу; гранату. В виде исключения встречаются на сливах и апельсинах. В южных районах является важным вредителем плодов грецкого ореха. Гусеницы минируют плоды, питаются семенами.	В России распространен по всей европейской части (кроме севера), на Урале, юге Сибири и Дальнего Востока (Амурская область, Хабаровский и Приморский края).	Встречается в Синьцзяне, Ганьсу, Нинся, Шэньси, Хэбэе, Шаньдуне, Шаньси, Хэнани, Внутренней Монголии, Сычуани, Юньнани и на северо-востоке Китая; особенно вредоносна в зонах яблочного производства.	197	Ovsyannikova, Grichanov, 2008c; Wu, 2018
Spodoptera exigua Hübner Совка малая	Широкий полифаг. Повреждает более 180 видов растений из 50 семейств. Гусеницы вредят хлопчатнику, люцерне, свёкле, кукурузе, табаку, арахису, кунжуту, сое, томатам, картофелю, гороху, репе, баклажанам, арбузу, клеверу, эспарцету, молодым цитрусовым, яблоне, айве, винограду, дубу, вязу, акации, хризантемам и чаю.	В России встречается в южной полосе европейской части, Приуралье, Южной Сибири, на Дальнем Востоке	Широко распространена на всей территории Китая, включая северные, центральные и южные провинции. В северных регионах, таких как Ляонин, наблюдаются сезонные миграции вредителя, обусловленные юго-восточными муссонами, позволяющими ему преодолевать до 1500 км за месяц.	693	Григоровская, Зайцева, 2021c; Ma et al., 2024; Wang et al., 2024
Mythimna separata Wlk. Совка восточная луговая	Сильно повреждает овес, пшеницу, ячмень, озимую рожь, кукурузу. Может повреждать сою, кормовые травы, реже рис.	Распространена в Приморском крае, на юге Хабаровского края, в Амурской области, на Сахалине и Курилах.	Широко распространена в Китае; зарегистрирована в большинстве провинций, включая Бэйцзин, Ганьсу, Хэбэй, Хэйлунцзян, Хэнань, Хубэй, Хунань, Шаньдун, Шаньси, Шэньси, Сычуань, Цзянси, Юньнань и другие.	11	Chumakov, Kuznetsova, 2008b; EPPO Global Database, 2021
Отряд Coleoptera (Жесткокрылые)					
Leptinotarsa decemlineata Say Колорадский картофельный жук	Полифаг на паслёновых культурах, прежде всего картофель (основной хозяин, большие потери урожая); также питается на томате, баклажане и др. видах паслёновых.	Широко распространён в России с середины XX века; встречается в картофелеводческих регионах Европейской части, на Урале, в Западной и Восточной Сибири, включая степную, лесостепную, смешанно-лесную и южную таёжную зоны; отмечается также на Дальнем Востоке.	Инвазивный вид: обнаружен в 1990-х в Синьцзяне, ныне занимает большую часть севера Синьцзяна (расширяется ~80 км/год); в 2010-х проник также в северо-восточный Китай (Хэйлунцзян).	434	Fasulati, 2008; Guo et al., 2017; EPPO Datasheet: *Leptinotarsa decemlineata*, 2021

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Tribolium castaneum Herbst. Малый булавоусый хрущак	Питается крупой, отрубями, комбикормами и другими измельчёнными зернопродуктами. Особенно активно развивается на продовольственном и фуражном зерне, содержащем битые зёрна и примесь семян сорняков, служащих пищей для жуков и личинок.	В России распространен преимущественно в южных областях.	Распространен по меньшей мере в 23 провинциях Китая, за исключением Тибета, Цинхая и Ганьсу.	139	Стриманов, 2021; Zhang et al., n.d.
Отряд Thysanoptera (Трипсы)					
Frankliniella occidentalis Perg. Западный цветочный трипс	Вредит более чем 300 видам растений из различных семейств. Предпочитает хризантемы, розы, герберы, цинерарии, гипсофилы, огурцы.	В России зарегистрирован в Курской, Калининградской, Ленинградской, Московской, Магаданской, Ульяновской областях, а также в Краснодарском и Ставропольском крае.	Широко распространён по всей стране; зарегистрирован в большинстве провинций, включая Синьцзян, Хэйлунцзян, Юньнань, Гуандун, Хэбэй и другие аграрные регионы.	201	Григоровская, Зайцева, 2021а; EPPO Datasheet: *Frankliniella occidentalis*, n.d.

* Ссылка на ресурс: https://www.pesticideresistance.org/

Table 1. Most harmful arthropod species found in Russia and China

Pest	Affected Crops	Distribution in Russia	Distribution in China	IRAC Statistics (number of resistance cases deteced)*	Sources
1	2	3	4	5	6
Order Acarina (Mites)					
Tetranychus urticae Koch (Two-spotted spider mite)	Polyphagous, affects over 1100 plant species: vegetables (tomatoes, cucumbers, etc.), fruit trees, berries, industrial crops, and ornamental plants.	Found in all regions of Russia (in greenhouses); one of the most common pests in greenhouse farming.	Widely distributed throughout China on various crops. Found in both open fields in southern provinces and in greenhouses across the country.	558	Sukhoruchenko et al., 2024; Migeon et al., 2010; CABI Digital Library (2021a)
Panonychus citri Mc. Gr. (Citrus red mite)	Polyphagous, affects more than 111 plant species, including almond, pear, grape, palms, ornamental and evergreen shrubs. Prefers citrus crops such as lemon, grapefruit, orange, and mandarin.	Found in the southern regions (Krasnodar Krai).	Widely present in major citrus regions of China, spread from the south of China to the north.	106	Sukhoruchenko et al., 2024; Demard, Qureshi, 2022; Hu et al., 2022; Shao et al., 2025
Order Orthoptera (Grasshoppers)					
Locusta migratoria L. (Asian migratory locust)	Polyphagous, damages cereals, legumes, vegetables, melons, industrial crops, fruit and forest seedlings, as well as hayfields and pastures.	Widely distributed in southern Russia, including the Central region, Caucasus, southern Siberia, Primorsky Krai, Kuril Islands.	Widely distributed, regularly reported in 17 provinces of China.	1	Ovsyannikova, Grichanov, 2008a; Zhang, Hunter, 2017

Table 1 continued

1	2	3	4	5	6
Order Hemiptera (True Bugs)					
Myzus persicae Sulz. (Peach aphid)	Primary host – peach. Number of secondary hosts up to 400. Causes losses in important crops (including potato, sugar beet, and tobacco), garden crops (including plants of the Brassicaceae, Solanaceae, and Cucurbitaceae families), and stone fruits (peach, apricot, cherry).	Widely distributed across the entire territory, especially in areas with developed vegetable and fruit growing; common in temperate and southern zones.	Found throughout most of China; particularly numerous in northern and central provinces with widespread peach, vegetable, and industrial crop cultivation.	522	Grigorovskaya, Zaitseva, 2021b; Li et al., 2016; CABI Digital Library, 2021b
Aphis gossypii Glov. (Melon aphid)	A broad polyphagous species. Damages cultivated and weed plants from the families Rosaceae, Chenopodiaceae, Malvaceae, Brassicaceae, Cucurbitaceae, Solanaceae, Asteraceae, and others. The greatest damage occurs on cotton.	Distributed throughout Russia up to 54° northern latitude. Found in Western Siberia and causes damage in the steppe zone of Ukraine, North Caucasus, Central Asia, Kazakhstan, the Caucasus, as well as in the Volga and Lower Volga regions.	Widely distributed throughout China; particularly numerous in northern and northeastern regions, including the provinces of Hebei, Liaoning, Henan, where cotton, melons, and vegetables are grown.	438	Berim, 2008; Luo et al., 2016; Cocuzza, 2022
Trialeurodes vaporariorum Westw. (Greenhouse whitefly)	Polyphagous, affects over 250 plant species, primarily vegetable crops (cucumber, tomato, pepper, eggplant), as well as ornamental and flower plants in protected ground. Causes growth inhibition, reduced yields, and transmission of viral diseases.	Common in greenhouse farming, particularly widespread in the Central, Northwestern, and Southern Federal Districts of Russia. Found in protected ground and is one of the main pests in greenhouse vegetable farming.	Widely distributed in greenhouse complexes and open fields, mainly in southern, eastern, and central regions of China. High numbers are reported in the provinces of Shandong, Jiangsu, Zhejiang, Guangdong, Fujian, and other vegetable-growing regions of China.	146	Sukhoruchenko et al., 2024; Erdogan et al., 2021; EPPO Global Database, 2024
Bemisia tabaci Genn. (Tobacco whitefly)	Polyphagous, all biotypes damage up to 600 plant species, with the greatest damage caused to cassava, cotton, sweet potato, tobacco, and tomato.	Recorded in greenhouse farming. Biotype C is present in Crimea and the southern regions of the Russian Federation.	Widely spread, especially in the southern and eastern regions (Guangdong, Fujian, Jiangsu, Zhejiang).	934	Volkov, 2006; Shun-xiang et al., 2001; Cuthbertson, 2022; EPPO Datasheet: Bemisia tabaci, 2023
Order Lepidoptera (Butterflies and Moths)					
Helicoverpa armigera Hbn. (Cotton bollworm)	Feeds on 300 plant species, including commercially important agricultural crops. The greatest damage is done to cotton, tomato, corn, chickpeas, alfalfa, and tobacco. It can damage soybeans, peas, pumpkin, zucchini, castor bean, kenaf, and jute (prefers fruit parts of plants).	In Russia, the range of the cotton bollworm covers the forest-steppe and steppe zones, reaching the southern boundary of the taiga, and can migrate to more northern zones.	Widely distributed across China. Recorded in more than 20 provinces, including Anhui, Fujian, Guangdong, Hebei, Henan, Xinjiang, Yunnan, Shandong, Shaanxi, etc., both in northern and southern regions of the country.	892	Semerenko, Bushneva, 2023; Chumakov, Kuznetsova, 2008a; EPPO Datasheet: Helicoverpa armigera, 2020

Table 1 continued

1	2	3	4	5	6
Plutella xylostella L. (Cabbage moth)	A specialist pest of cruciferous crops: cabbage, rutabaga, rapeseed, etc. It causes severe damage to cabbage and mustard. It also damages chickpeas and lettuce, feeds on wild cruciferous plants: shepherd's purse (Capsella bursa-pastoris), wintercress (Barbarea vulgaris), wormseed (Sisymbrium loeseli and S. sophia), mustard (Brassica campestris), wild radish (Raphanus raphanistrum), etc.	Found throughout Russia. Its distribution in the European part is limited by the boundary of the tundra and taiga zones.	Widely distributed across China. Particularly numerous in agricultural areas in northern, central, and eastern provinces such as Hebei, Henan, Shandong, Shaanxi, Jiangsu, Anhui, and Hubei.	1099	Ovsyannikova, Grichanov, 2008b; Mason, 2022
Cydia pomonella L. (Codling moth)	The main food plants are wild and cultivated apple trees; it causes severe damage to pear and quince fruits, and occasionally to stone fruits – peach, apricot. Exceptionally found on plums and oranges. In southern regions, it is an important pest of walnut fruits. The larvae mine the fruit and feed on seeds.	Found across all of European Russia (except the north), Ural, southern Siberia, and the Far East (Amur region, Khabarovsk and Primorsky Krais).	Found in Xinjiang, Gansu, Ningxia, Shaanxi, Hebei, Shandong, Shanxi, Henan, Inner Mongolia, Sichuan, Yunnan, and northeastern China; especially harmful in apple-growing regions.	197	Ovsyannikova, Grichanov, 2008c; Wu, 2018
Spodoptera exigua Hübner (Beet armyworm)	A broad polyphagous species. Damages over 180 plant species from 50 families. The larvae damage cotton, alfalfa, beet, corn, tobacco, peanuts, sesame, soybeans, tomatoes, potatoes, peas, rapeseed, eggplants, watermelons, clover, esparto, young citrus, apple trees, quince, grapes, oak, elm, acacia, chrysanthemums, and tea.	Found in the southern strip of European Russia, the Urals, southern Siberia, and the Far East.	Widely distributed across China, including northern, central, and southern provinces. In northern regions such as Liaoning, seasonal migrations are observed due to southeast monsoons, enabling it to cover up to 1500 km per month.	693	Grigorovskaya, Zaitseva, 2021c; Ma et al., 2024; Wang et al., 2024
Mythimna separata Wlk. (Eastern migratory locust)	Causes significant damage to oats, wheat, barley, winter rye, and corn. Can also damage soybeans, forage grasses, and occasionally rice.	Found in Primorsky Krai, southern Khabarovsk Krai, Amur region, Sakhalin, and the Kuril Islands.	Widely distributed in China; recorded in most provinces, including Beijing, Gansu, Hebei, Heilongjiang, Henan, Hubei, Hunan, Shandong, Shanxi, Shaanxi, Sichuan, Jiangxi, Yunnan, and others.	11	Chumakov, Kuznetsova, 2008b; EPPO Global Database, 2021
Order Coleoptera (Beetles)					
Leptinotarsa decemlineata Say (Colorado potato beetle)	A polyphagous pest of solanaceous crops, primarily potatoes (its main host, causing significant yield losses); also feeds on tomatoes, eggplants, and other solanaceous plants.	Widely distributed in Russia since the mid-20th century; found in potato-growing regions of European Russia, the Urals, Western and Eastern Siberia, including steppe, forest-steppe, mixed forest, and southern taiga zones; also recorded in the Far East.	Invasive species: discovered in the 1990s in Xinjiang, now occupies most of northern Xinjiang (expanding ~80 km/year); in the 2010s, it also spread to northeastern China (Heilongjiang).	434	Fasulati, 2008; Guo et al., 2017; EPPO Datasheet: Leptinotarsa decemlineata, 2021
Tribolium castaneum Herbst. (Red flour beetle)	Feeds on grain, bran, compound feed, and other crushed cereal products. Particularly active on food and fodder grain containing broken grains and weed seed admixtures, which serve as food for the beetles and larvae.	Primarily found in the southern regions of Russia.	Found in at least 23 provinces of China, excluding Tibet, Qinghai, and Gansu.	139	Strimanov, 2021; Zhang et al., n.d.

Table 1 continued

1	2	3	4	5	6
Order Thysanoptera (Thrips)					
Frankliniella occidentalis Perg. (Western flower thrips)	Damages over 300 plant species from various families. Prefers chrysanthemums, roses, gerberas, cinerarias, gypsophilas, cucumbers.	Registered in Kursk, Kaliningrad, Leningrad, Moscow, Magadan, Ulyanovsk regions, as well as in Krasnodar and Stavropol Krai.	Widely distributed across the country; recorded in most provinces, including Xinjiang, Heilongjiang, Yunnan, Guangdong, Hebei, and other agricultural regions.	201	Grigorovskaya, Zaitseva, 2021a; EPPO Datasheet: Frankliniella occidentalis, n.d.

*The link to the resource: https://www.pesticideresistance.org/

Библиографический список (References)

Беньковская ГВ, Удалов МБ, Хуснутдинова ЭК (2008) Генетическая основа и фенотипические проявления резистентности колорадского жука к фосфорорганическим инсектицидам. *Генетика* 44(5):638–644

Волков ОГ (2006) Табачная белокрылка — опасный вредитель растений в теплицах. *Гавриш* (6):16–21

Григоровская ПИ, Зайцева ТВ (2021a) Западный цветочный трипс. Пестициды.ru https://www.pesticidy.ru/host/vegetables_pests (10.04.2025)

Григоровская ПИ, Зайцева ТВ (2021b) Персиковая оранжерейная (табачная) тля. Пестициды.ru. https://www.pesticidy.ru/host/stonefruit_pests (10.04.2025)

Григоровская ПИ, Зайцева ТВ (2021c) Помидорная совка. Пестициды.ru https://www.pesticidy.ru/Совка_помидорная_(карадрина) (16.04.2025)

Семеренко СА, Бушнева НА (2023) Эффективность контроля численности совки хлопковой (Helicoverpa armigera Hbn.) в посевах подсолнечника. *Масличные культуры* 3(195):69–75. https://doi.org/10.25230/2412-608X-2023-3-195-69-75

Стирманов АВ Красный мучной хрущак. Пестициды.ru https://www.pesticidy.ru/host/store (10.04.2025)

Сухорученко ГИ, Долженко ВИ, Ганнибал ФБ и др. (2024) Резистентность вредных членистоногих, фитопатогенных грибов и грызунов к пестицидам. СПб: Издательский дом *Петрополис* 672 с.

Тихонович И.А., Лутова Л.А., Матвеева Т.В. (2020) О подготовке магистров по новой программе «Молекулярная биология и агробиотехнология растений» в Санкт-Петербургском государственном университете. *Биотехнология и селекция растений* 3(1):7–12 https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-4-o3

Сыртланова Л.А., Китаев К.А. Молекулярно-генетический анализ распространения резистентности к фосфорорганическим инсектицидам и пиретроидам в популяции колорадского жука на территории Республики Башкортостан. *Экологическая генетика* 13(4):9–11. https://doi.org/10.17816/ecogen1349-11

Bass C, Nauen R (2023) The molecular mechanisms of insecticide resistance in aphid crop pests. *Insect Biochem Mol Biol* 156:103937. https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2023.103937

Berim MN *Aphis gossypii*. In Afonin AN, Greene SL, Dzyubenko NI, Frolov AN (eds.) (2008). Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries. Economic plants and their diseases, pests and weeds [Online]. https://agroatlas.ru/en/content/pests/Aphis_gossypii/index.html (10.04.2025)

CABI Digital Library (2021a) *Tetranychus urticae* (two-spotted spider mite) http://doi.org/10.1079/cabicompendium.53366 (10.04.2025)

CABI Digital Library (2021b) *Myzus persicae* (green peach aphid) https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.1079/cabicompendium.35642 (10.04.2025)

Chumakov MA, Kuznetsova TL (2008a) *Helicoverpa armigera*. Interactive agricultural ecological atlas of Russia and neighboring countries. Economic plants and their diseases, pests and weeds. https://agroatlas.ru/en/content/pests/Helicoverpa_armigera/index.html (10.04.2025)

Chumakov MA, Kuznetsova TL (2008b) *Mythimna separata*. Interactive agricultural ecological atlas of Russia and neighboring countries. Economic plants and their diseases, pests and weeds. https://agroatlas.ru/en/content/pests/Mythimna_separata/index.html (10.04.2025)

Cocuzza G (2022) *Aphis gossypii* (cotton aphid). *CABI Compendium*. https://doi.org/10.1079/cabicompendium.6204

Cuthbertson A (2022) *Bemisia tabaci* (tobacco whitefly). *CABI Compendium*. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.8927#sec-8 (10.04.2025)

De Rouck S, İnak E, Dermauw W, Van Leeuwen T (2023) A review of the molecular mechanisms of acaricide resistance in mites and ticks. *Insect Biochem Mol Biol* 159:103981. https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2023.103981

Demard E, Qureshi JA (2022) The citrus red mite (*Panonychus citri*): a pest of citrus crops. *EDIS* 2022(5):1–6. https://doi.org/10.32473/edis-in1367–2022

Dong K, Du Y, Rinkevich F, Nomura Y et al. (2014) Molecular biology of insect sodium channels and pyrethroid resistance. *Insect Biochem Mol Biol* 44:30–38. https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2014.03.012

Dong K, Du Y, Rinkevich F, Nomura Y, Xu P, Wang L, Silver K, Zhorov BS (2014) Molecular biology of insect sodium channels and pyrethroid resistance. *Insect Biochem Mol Biol* 44:30–38. https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2014.03.012

Endersby NM, McKechnie SW, Ridland PM, Weeks AR (2006) Microsatellites reveal a lack of structure in Australian populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). *Mol Ecol* 15(1):107–118. https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02789.x

Endersby NM, Viduka K, Baxter SW, Saw J et al. (2011) Widespread pyrethroid resistance in Australian diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), is related to multiple mutations in the para sodium channel gene. *Bull Entomol Res* 101(4):393–405. https://doi.org/10.1017/S0007485310000684

EPPO Global Database (2021) https://gd.eppo.int/taxon/PSEDSE/distribution (10.04.2025)

EPPO Global Database (2024) https://gd.eppo.int/taxon/TRIAVA/distribution (10.04.2025)

EPPO Global Database. EPPO Datasheet: *Bemisia tabaci* (2023) https://gd.eppo.int/taxon/BEMITA/download/datasheet_pdf (10.04.2025)

EPPO Global Database. EPPO Datasheet: *Frankliniella occidentalis* (n.d.) https://gd.eppo.int/download/doc/118_datasheet_FRANOC.pdf (10.04.2025)

EPPO Global Database. EPPO Datasheet: *Helicoverpa armigera* (2020) https://gd.eppo.int/taxon/HELIAR/download/datasheet_pdf (9.04.2025)

EPPO Global Database. EPPO Datasheet: *Leptinotarsa decemlineata* (2021) https://gd.eppo.int/taxon/LPTNDE/datasheet (9.04.2025)

Erdogan C, Velioglu AS, Gurkan MO, Denholm I, Moores GD (2021) Detection of resistance to pyrethroid and neonicotinoid insecticides in the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Crop Prot* 146:105661. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105661

Esselink DB, den Belder E, Elderson J, Smulders MJM (2006) Isolation and characterization of trinucleotide repeat microsatellite markers for *Plutella xylostella* L. *Mol Ecol Notes* 6(4):6. https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2006.01504.x

Fasulati SR (2008) *Leptinotarsa decemlineata*. Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries. Economic Plants and their Diseases, Pests and Weeds https://agroatlas.ru/en/content/pests/Leptinotarsa_decemlineata/index.html (10.04.2025)

Fotoukkiaii SM, Tan Z, Xue W, Wybouw N et al. (2020) Identification and characterization of new mutations in mitochondrial cytochrome b that confer resistance to bifenazate and acequinocyl in the spider mite *Tetranychus urticae*. *Pest Manag Sci* 76(3):1154–1163. https://doi.org/10.1002/ps.5628

Guo L, Liang P, Zhou X, Gao X (2014) Novel mutations and mutation combinations of ryanodine receptor in a chlorantraniliprole resistant population of *Plutella xylostella* (L.). *Sci Rep* 7(4):6924. https://doi.org/10.1038/srep06924

Guo W, Li C, Ahemaiti T, Jiang W, Li G, Wu J et al. (2017) Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Say). In: Wan F, Jiang M, Zhan A (eds) *Biological Invasions and Its Management in China*. Springer, Dordrecht, pp 195–217. https://doi.org/10.1007/978-94-024-0948-2_10

Hu J, Wang J, Yu Y, Rao W, Chen F, Wang C, Fan G (2022) Cross-resistance pattern and genetic studies in spirotetramat-resistant citrus red mite, *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). *Agriculture* 12:737. https://doi.org/10.3390/agriculture12050737

Ilias A, Vassiliou VA, Vontas J, Tsagkarakou A (2017) Molecular diagnostics for detecting pyrethroid and abamectin resistance mutations in *Tetranychus urticae*. *Pestic Biochem Physiol* 135:9–14. https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2016.07.004

Izzo VM, Chen YH, Schoville SD, Wang C et al. (2018) Origin of pest pineages of the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *J Econ Entomol* 111(2):868–878. https://doi.org/10.1093/jee/tox367

Ke F, You S, He W, Liu T et al. (2015) Genetic differentiation of the regional *Plutella xylostella* populations across the Taiwan Strait based on identification of microsatellite markers. *Ecol Evol* 5(24):5880–91. https://doi.org/10.1002/ece3.1850

Kwon DH, Choi BR, Park HM, Lee SH et al. (2004) Knockdown resistance allele frequency in field populations of *Plutella xylostella* in Korea. *Pestic Biochem Physiol* 80(1):21–30. https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2004.06.001

Li Y, Xu Z, Shi L, Shen G, He L (2016) Insecticide resistance monitoring and metabolic mechanism study of the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae), in Chongqing, China. *Pestic Biochem Physiol* 132:1–6. https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2015.11.008

Liu Z, Ma H, Li K, Liu J et al. (2024) Frequencies of insecticide resistance mutations detected by the amplicon sequencing in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) from China. *J Econ Entomol* 117(4):1648–1654. https://doi.org/10.1093/jee/toae109

Lu X, Vandenhole M, Tsakireli D, Pergantis SA et al. (2023) Increased metabolism in combination with the novel cytochrome b target-site mutation L258F confers cross-resistance between the Qo inhibitors acequinocyl and bifenazate in *Tetranychus urticae*. *Pestic Biochem Physiol* 192:105411. https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2023.105411

Luo J-Y, Zhang S, Wang L, Lv L-M, Wang C-Y, Li C-H, et al. (2016) The distribution and host shifts of cotton-melon aphids in Northern China. *PLoS ONE* 11(3): e0152103. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152103

Ma H, Zhou L, Tan H, Xiu X, Wang J, Wang X (2024) Population dynamics and seasonal migration patterns of *Spodoptera exigua* in northern China based on 11 years of monitoring data. *PeerJ* 12:e17223 https://doi.org/10.7717/peerj.17223

Mason P (2022) *Plutella xylostella* (diamondback moth). *CABI Compendium*. https://doi.org/10.1079/cabicompendium.42318

Mavridis K, Papapostolou KM, Ilias A, Michaelidou K, Stavrakaki M, Roditakis E, Tsagkarakou A, Bass C, Vontas J (2022) Next-generation molecular diagnostics (TaqMan qPCR and ddPCR) for monitoring insecticide resistance in *Bemisia tabaci*. *Pest Manag Sci* 78(11):4994–5001. https://doi.org/10.1002/ps.7122

Migeon A, Dorkeld F (2006–2020) Spider Mites Web: A Comprehensive Database for the Tetranychidae. Institute for Agronomy Research, Center for Biology and Management of Populations: Montpellier, France.

Milner ML, McIntosh EJ, Crisp Michael D, Weston PH, Rossetto M (2013) Microsatellite variation for phylogenetic, phylogeographic and population-genetic studies in Lomatia (Proteaceae). *Aust Syst Bot* 26:186–195.

Mitina GV, Tulaeva IA, Malysh SM, Tokarev YS (2021) Molecular genetic analysis of resistance-associated mutations in the experimental lines of spider mite *Tetranychus urticae* Koch, selected for resistance to bifenthrin and abamectin. *Int J Acarol* 47(8):721–725. https://doi.org/10.1080/01647954.2021.1990406

Oshiki M, Miura T, Kazama S, Segawa T, Ishii S, Hatamoto M, Yamaguchi T, Kubota K, Iguchi A, Tagawa T, Okubo T, Uemura S, Harada H, Kobayashi N, Araki N, Sano D (2018) Microfluidic PCR Amplification and miseq amplicon sequencing techniques for high-throughput detection and

genotyping of human pathogenic rna viruses in human feces, sewage, and oysters. *Front Microbiol* 9:830. https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00830

Ovsyannikova EI, Grichanov IYa (2008a) *Cydia pomonella*. Interactive agricultural ecological atlas of Russia and neighboring countries. Economic plants and their diseases, pests and weeds. https://agroatlas.ru/en/content/pests/Cydia_pomonella/index.html (10.04.2025)

Ovsyannikova EI, Grichanov IYa (2008b) *Plutella xylostella*. Interactive agricultural ecological atlas of Russia and neighboring countries. Economic plants and their diseases, pests and weeds. https://agroatlas.ru/en/content/pests/Plutella_maculipennis/index.html (10.04.2025)

Ovsyannikova EI, Grichanov IYa (2008c) *Cydia pomonella*. Interactive agricultural ecological atlas of Russia and neighboring countries. Economic plants and their diseases, pests and weeds. https://agroatlas.ru/en/content/pests/Cydia_pomonella/index.html (10.04.2025)

Özkan Koca A, Berkcan SB, Laçın Alas B, Kandemir İ (2022) Population structure and pattern of geographic differentiation of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) in Turkey. *Pest Manag Sci* 78(9):3804–3814. https://doi.org/10.1002/ps.6663

Shao J, Hu J, Li B et al. (2025) Suitability of Rosaceae fruit tree species for *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae). *Exp Appl Acarol* 94:23. https://doi.org/10.1007/s10493-024-00992-7

Shen XJ, Cao LJ, Chen JC, Ma LJ et al. (2023a) A comprehensive assessment of insecticide resistance mutations in source and immigrant populations of the diamondback moth *Plutella xylostella* (L.). *Pest Manag Sci* 79(2):569–583. https://doi.org/10.1002/ps.7223

Shen XJ, Zhang YJ, Wang SY, Chen JC, Cao LJ, Gong YJ, Pang BS, Hoffmann AA, Wei SJ (2023b) A high-throughput KASP assay provides insights into the evolution of multiple resistant mutations in populations of the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* across China. *Pest Manag Sci* 79(5):1702–1712. https://doi.org/10.1002/ps.7344

Shi C, Tian Y, Wang Y, Guo W et al. (2023) The interaction of nicotinic acetylcholine receptor subunits Ldα3, Ldα8 and Ldβ1 with neonicotinoids in Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *Pestic Biochem Physiol* 195:105558. https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2023.105558

Shun-xiang R, Wang Z, Qiu B, Xiao Y (2001) The pest status of *Bemisia tabaci* in China and non-chemical control strategies. *Insect Sci* 8(3):279–288

Sonoda S (2010) Molecular analysis of pyrethroid resistance conferred by target insensitivity and increased metabolic detoxification in *Plutella xylostella*. *Pest Manag Sci* 66(5):572–575. https://doi.org/10.1002/ps.1918

Sparks TC, Lorsbach BA (2017) Perspectives on the agrochemical industry and agrochemical discovery. *Pest Manag Sci* 73(4):672–677. https://doi.org/10.1002/ps.4457

Sun LN, Shen XJ, Cao LJ, Chen JC et al. (2022) Increasing frequency of G275E mutation in the nicotinic acetylcholine receptor α6 subunit conferring spinetoram resistance in invading populations of Western flower thrips in China. *Insects* 13(4):331. https://doi.org/10.3390/insects13040331

Van Leeuwen T, Dermauw W, Grbic M, Tirry L, Feyereisen R (2013) Spider mite control and resistance management: does a genome help? *Pest Manag Sci* 69(2):156–159. https://doi.org/10.1002/ps.3335

Van Leeuwen T, Dermauw W, Mavridis K, Vontas J (2020) Significance and interpretation of molecular diagnostics for insecticide resistance management of agricultural pests. *Curr Opin Insect Sci* 39:69–76. https://doi.org/10.1016/j.cois.2020.03.006

Van Leeuwen T, Vanholme B, Van Pottelberge S, Van Nieuwenhuyse P et al. (2008) Mitochondrial heteroplasmy and the evolution of insecticide resistance: non-Mendelian inheritance in action. *Proc Natl Acad Sci USA* 105(16):5980–5985. https://doi.org/10.1073/pnas.0802224105

Van Leeuwen TV, Vontas J, Tsagkarakou A, Tirry L (2009) Mechanisms of acaricide resistance in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae*. In *Biorational Control of Arthropod Pests.* (pp. 347–393). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2316-2_14

Van Leeuwen, T.; Tirry, L.; Yamamoto, A.; Nauen, R (2015) The economic importance of acaricides in the control of phytophagous mites and an update on recent acaricide mode of action research. *Pestic Biochem Physiol* 121:12–21

Venkatesan T., Chethan B. R., Mani M. (2022) Insecticide resistance and its management in the insect pests of horticultural crops. In: Mani M (ed) Trends in Horticultural Entomology. Springer: Singapore. 455–490. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0343-4_14

Wang X, Feng Q, Zhou X, Zhang H, Wu S, Wu K (2024) Seasonal Migratory Activity of the Beet Armyworm *Spodoptera exigua* (Hübner) in the Tropical Area of China. *Insects* 15(12):986. https://doi.org/10.3390/insects15120986

Whalon ME, Mota-Sanchez D, Hollingworth RM (2008) In: Analysis of global pesticide resistance in arthropods. CABI. 5–31. https://doi.org/10.1079/9781845933531.00

Wu Y, Jin B, Gu Z (2018) [Distribution and control measures of the codling moth]. *Huazhong Kunchong Yanjiu* 14S:150–157 (In Chinese)

Xu D, Zhang Y, Zhang Y, Wu Q et al. (2021) Transcriptome profiling and functional analysis suggest that the constitutive overexpression of four cytochrome P450s confers resistance to abamectin in *Tetranychus urticae* from China. *Pest Manag Sci* 77(3):1204–1213. https://doi.org/10.1002/ps.6130

Zhang L, Hunter DM (2017) Management of locusts and grasshoppers in China. *J Orthoptera Res* 26(2):155–159. https://doi.org/10.3897/jor.26.20119

Zhang T, Wu Y, Liu L, Zhao Z, Wang Z, He P, Cao Y, Li Z (n.d.) [Geographical distribution of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) in China]. College of Plant Protection, China Agricultural University, Beijing; Academy of State Administration of Grain, Beijing (In Chinese)

Zhang Y, Xu D, Zhang Y, Wu Q, Xie W, Guo Z, Wang S (2021) Frequencies and mechanisms of pesticide resistance in *Tetranychus urticae* field populations in China. *Insect Sci* 29(3):827–839. https://doi.org/10.1111/1744–7917.12957

Zhang Z, Zhang P, Li W, Zhang J et al. (2013) De novo transcriptome sequencing in *Frankliniella occidentalis* to identify genes involved in plant virus transmission and insecticide resistance. *Genomics* 101(5):296–305. https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2013.02.005

Translation of Russian References

Benkovskaya GV, Udalov MB, Khusnutdinova EK (2008) [Genetic basis and phenotypic manifestations of resistance of the Colorado potato beetle to organophosphorus insecticides]. *Russ J Genet* 44(5):638–644 (In Russian)

Grigorovskaya PI, Zaitseva TV (2021a) [Peach greenhouse (tobacco) aphid]. *Pesticidy.ru* https://www.pesticidy.ru/host/stonefruit_pests (10.04.2025) (In Russian)

Grigorovskaya PI, Zaitseva TV (2021b) [Western flower thrips]. *Pesticidy.ru* https://www.pesticidy.ru/host/vegetables_pests (10.04.2025) (In Russian)

Grigorovskaya PI, Zaitseva TV (2021c) [Beet armyworm]. *Pesticidy.ru* https://www.pesticidy.ru/Совка_помидорная_(карадрина) (04/16/2025) (In Russian)

Semerenko SA, Bushneva NA (2023) [Effectiveness of population control of cotton bollworm (*Helicoverpa armigera* Hbn.) in sunflower crops]. *Maslichnye Kultury* 3(195):69–75. https://doi.org/10.25230/2412-608X-2023-3-195-69-75 (In Russian)

Sukhoruchenko GI, Dolzhenko VI, Gannibal FB et al. (2024) [Pesticide resistance of harmful arthropods, phytopathogenic fungi and rodents]. St. Petersburg: Petropolis Publishing House. 672 p. (In Russian)

Stirmanov AV (2021) [Red flour beetle]. *Pesticidy.ru* https://www.pesticidy.ru/host/store (10.04.2025) (In Russian)

Syrtlanova LA, Kitaev KA (2015) [Molecular genetic analysis of the spread of resistance to organophosphate insecticides and pyrethroids in populations of the Colorado potato beetle in the Republic of Bashkortostan]. *Ecological Genetics* 13(4):9–11. https://doi.org/10.17816/ecogen1349–11 (In Russian)

Tikhonovich IA, Lutova LA, Matveeva TV (2020) [On the training of masters in the new program "Molecular Biology and Plant Agrobiotechnology" at St. Petersburg State University]. *Biotechnology and Breeding of Plants* 3(1):7–12. https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-4-o3 (In Russian)

Volkov OG (2006) [Tobacco whitefly - a dangerous pest in greenhouses]. *Gavrish* (6):16–21. (In Russian)

Plant Protection News, 2025, 108(2), p. 78–89

OECD+WoS: 1.06+IY (Entomology); 4.01+AM (Agronomy) https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-2-17024

Mini-review

PROSPECTS FOR COOPERATION BETWEEN RUSSIA AND CHINA IN STUDYING THE MOLECULAR MECHANISMS UNDERLYING ARTHROPOD PESTS' RESISTANCE TO PESTICIDES

E.S. Okulova[1], D.A. Emelyanov[1], Y. He[1], X. Jiang[2], T.V. Matveeva[1]*

[1]*All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia*

[2]*Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, China*

**corresponding author, e-mail: radishlet@gmail.com*

This mini-review focuses on the prospects and key areas of cooperation between Russia and China in studying the molecular nature of resistance in mite and insect pests to pesticides. Information on the most harmful species is presented for both countries, including their area and molecular genetic approaches to understanding resistance. The latter include examination of pesticide target gene polymorphism and pesticide detoxification gene expression. Such research is essential for monitoring the spread of pesticide resistance in insect and mite populations, as well as for selection of effective management strategies in both countries. In addition to scientific collaboration, an important objective is the joint training of scientific and pedagogical personnel in this research field. Collaborative efforts between the two countries, through joint research, experience exchange, and technology development, should result in a more efficient pesticide usage, reduced application costs, and increased crop yields, ultimately contributing to economic growth.

Keywords: arthropod pests, resistance, acaricides, insecticides

Submitted: 22.04.2025 *Accepted: 15.07.2025*

© Okulova E.S., Emelyanov D.A., He Y., Jiang X., Matveeva T.V., published by All-Russian Institute of Plant Protection (St. Petersburg). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

OECD+WoS: 4.01+AM (Agronomy); 1.06+QU (Microbiology) https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-2-17081

Mini-review

OVERVIEW OF THE DISEASES OF *DRACAENA TRIFASCIATA* (ASPARAGALES: ASPARAGACEAE)

M.M.R. Alberca†, T.M. Cuenca†, G.O. Morta†, Y.F. Ocaña†, Y.L.D. Peneyra†, M.A.O. Balendres*

Department of Biology, College of Science, De La Salle University, Manila, Philippines

**corresponding author, e-mail: mark.angelo.balendres@dlsu.edu.ph*

†These authors contributed equally

Ornamental plants play a vital role in everyday life, offering joy and appreciation to people from all walks of life. Decorative plants have become a familiar sight, which helps add life and color even in the smallest of spaces. Among these plants, the snake plant *Dracaena trifasciata* is trendy among households. Despite its reputation as a hardy plant, *D. trifasciata* is still susceptible to leaf and root diseases, damaging its overall health and aesthetic value. In tropical regions, where frequent rainfall and high humidity produce ideal proliferation conditions for bacterial, fungal, and viral pathogens, plant diseases can become important problems that could affect the plant's aesthetics and health. This paper reviews the diseases of *D. trifasciata* and other *Dracaena* species, their current management, and perspectives on using already-known disinfectants for indoor management of *D. trifasciata* diseases. Leaf spots, leaf blight, anthracnose, viral, and bacterial diseases are the common diseases reported to be associated with *D. trifasciata.* In addition to pruning, managing *Dracaena* diseases includes sterilizing tools and equipment to prevent cross-contamination. Finally, this paper discusses the significance of generating knowledge on the diseases of *D. trifasciata* and their associated pathogens, which benefits relevant stakeholders. The knowledge could help consumers understanding common leaf diseases found in snake plants, allowing them to make better decisions whenever they purchase these plants. Plant health research encourages better plant care practices within households, which helps promoting flourishing gardens across the country.

Keywords: anthracnose, leaf blight, leaf spot, ornamental plant, *Sansevieria*

Submitted: 05.06.2025 *Accepted: 30.07.2025*

Introduction

Snake plant *Dracaena trifasciata* (Prain) Mabb., also known as Saint George's sword, mother-in-law's tongue, or viper's bowstring hemp, is a popular ornamental plant cherished for its decorative and air-purifying properties (Dadang et al., 2020; Praptosuwiryo, 2003). It has exceptional water-storing abilities, making it highly resilient in various environments, especially tropical climates (Babu, Prabhu, 2024). Despite its reputation as a hardy plant, *D. trifasciata* is still susceptible to leaf diseases, damaging its overall health and aesthetic value. In tropical regions, where frequent rainfall and high humidity produce ideal proliferation conditions for bacterial, fungal, and viral pathogens, plants are under threat by the effects of plant diseases.

The ornamental plant industry is an economically important sector, with various households and urban planning incorporating *D. trifasciata,* not only for decorative purposes but for improved air and soil quality (Pamonpol et al., 2020). Furthermore, the leaves have been used traditionally as an emollient in some country (Praptosuwiryo, 2003). However, research on plant diseases affecting *D. trifasciata* is limited, underscoring the need for localized studies. Leaf diseases in *D. trifasciata* manifest as necrotic spots, wilting, lesions, and yellowing on the foliage, which generally are symptoms of abiotic factors of overwatering or low lighting conditions (Kee et al., 2018; 2020). Moreover, bacterial pathogens, such as the plant pathogenic *Burkholderia cepacia,* thriving in humid environments cause leaf blighting (Choi et al., 2020). This indicates an overlap of symptomology as *D. trifasciata* can thrive in poor light conditions and is drought-tolerant, complicating accurate diagnosis, which can delay effective disease control treatments. However, there seem to be no reports found in several countries where this plant thrive, suggesting a lack of understanding of specific microorganisms responsible for leaf diseases in *D. trifasciata* (Zhang et al., 2020).

Several pathogens have likewise been identified with the wide distribution of *D. trifasciata* across all continents (Dewatisari, To'bungan, 2024). However, as of writing, no reports have been found on the plants' existing pathogens within the Philippines. The study by Madjos and Ramos (2021) about medicinal plants in Mindanao, Philippines, highlighted those that require further research, including the snake plant. A dearth of research on its pathology could lead to eventual harm among Filipino communities upon the use of infected parts. To illustrate, its leaves have indigenous medicinal purposes considering their anti-inflammatory, anti-diabetic, analgesic, and antioxidant properties (Dey et al., 2014; Berame et al., 2017; Lontoc et al., 2020). Tribes in the Zamboanga Peninsula chew on its leaves to prevent tetanus and have it infused into efficascent oil to avoid fever, *Ati* tribes in Malay, Aklan apply

© Alberca M.M.R., Cuenca T.M., Morta G.O., Ocaña Y.F., Peneyra Y.L.D., Balendres M.A.O., published by All-Russian Institute of Plant Protection (St. Petersburg). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

its latex onto warts (Cordero et al., 2020; Madjos, Ramos, 2021), and residents of Tublay, Benguet Province apply poultice onto wounds (Doctor, Manuel, 2014).

This paper reviews the diseases of *D. trifasciata*, their current management, and perspectives on using already-known disinfectants for indoor management of *D. trifasciata* diseases. Finally, this paper discusses the significance of generating knowledge on the diseases of *D. trifasciata* and their associated pathogens.

Dracaena trifasciata: Taxonomy, Biology, Distribution, and Value

Dracaena trifasciata, often known as mother-in-law's tongue or snake plant, falls under the order Asparagales and the family Asparagaceae (Babu, Prabhu, 2024). The order Asparagales is a large and diverse group of flowering plants that includes several families of great economic and ecological significance (Ji et al., 2023; Madrigal et al., 2017; Chen et al., 2013). Formerly classified under the *Sansevieria* genus, it has been reclassified into the *Dracaena* genus, which includes more than 120 species recognized for their distinctive growth patterns and striking foliage (Babu, Prabhu, 2024). The genus, Dracaena, is derived from the Greek word "drakaina," which means "female dragon" (Saraf, 2023). This most likely reflects the thick and robust appearance of most species within this genus. The species name "*trifasciata*" refers to its variegated leaves, marked by three distinct stripes or bands, usually in shades of green and yellow (Dewatisari, To'bungan, 2024). Species propagation relies on its rhizomes or leaf cuttings, as sexual propagation is limited due to rare flowering (García-Hernández et al., 2022). *Dracaena trifasciata* is widely recognized for resiliency in unfavorable environments. They have exceptional water-storing capabilities, making them highly drought-tolerant. They can thrive in low-light conditions, enhancing their popularity in indoor housing (Babu, Prabhu, 2024). This plant species has recently garnered scientific attention for its potential in phytostabilization of cadmium (Cd) contaminated soils. *Dracaena trifasciata* absorbs the cadmium in its roots and inhibits translocation to above-ground tissues (Li, Yang, 2020). This plant is not limited to phytostabilization alone but expands to phytoremediation. Studies show promising capacity to remove volatile organic compounds (VOCs) in indoor air (Pandiyarajan et al., 2024).

Known for its remarkable adaptability, *D. trifasciata* has spread to various parts of the world, demonstrating its ability to thrive in multiple environments. This species is distributed in tropical and subtropical areas, extending from Africa to Southeast Asia and the islands of the Indian Ocean (Dewatisari et al., 2021; Umoh et al., 2020). *Dracaena trifasciata* is a hardy and low-maintenance plant easily cultivated indoors and outdoors. It prefers well-drained soil and moderate sunlight, thriving in partially shaded areas that receive about two to six hours of direct sunlight daily (Dewatisari, To'bungan, 2024; El Mokni, Verloove, 2022; Denk et al., 2014). *Dracaena trifasciata* can be propagated through various methods, including seeds, leaf segments, and rhizomes (García-Hernández et al., 2022; Mudgal, 2021). *Dracaena trifasciata,* despite being commonly known as an ornamental plant, has greater benefits outside of decoration. In traditional medicine, *D. trifasciata* juice or decoction has been used in various Asian and African communities to treat ailments like respiratory issues, earaches, and skin conditions(Hematharshini, Seran, 2019). In Asian countries such as Myanmar, this plant's root juice and honey relieve a chronic cough. Additionally, *D. trifasciata* decoction was used primarily to treat snake bites in China (Babu, Prabhu, 2024). As history has utilized *D. trifasciata* in various traditional ailments, modern medicine is conducting further studies to develop healthcare. Findings suggest that there have been health-benefiting activities observed in the plant: hepatoprotective, antidiabetic, and antioxidant, to name a few, according to Babu, Prabhu (2024). A study by Raslan et al. (2021) found *D. trifasciata* root extract to inhibit liver fibrosis due to its bioactive compounds, such as phenolics, terpenoids, and steroidal saponins that alleviate oxidative stress and inflammation, decreasing liver damage. These health-benefiting activities found in *D. trifasciata* suggest the potential of this plant in nutraceutical applications. Moreover, *D. trifasciata* can be utilized for external medicinal uses. Its leaf extracts incorporated into hydrogel formulations can become a wound-healing drug as they reduce swelling and have fast wound-healing properties (Yuniarsih et al., 2023). This plant's latex has properties that make it a natural antibiotic and an effective insect repellent (Sharma et al., 2023; Umoh et al., 2020). Overall, *Dracaena trifasciata* is a plant with diverse medicinal, nutritional, and health benefits found in many countries, including its native Cameroon, Central Africa, Gabon, Nigeria, and Tanzania (www.kew.org).

Dracaena trifasciata is popular because of its durability and low maintenance. It can thrive in different environments and does not need much care, which is ideal for people with busy lifestyles. In addition, its long, upright, attractive leaves make it an excellent choice for decorating homes and offices. The significance of snake plants extends beyond their ornamental use. Research shows that placing these plants in poorly ventilated working environments can minimize CO^2 levels by as much as 10.47–19.29 %, improving air quality indoors while reducing energy consumption (Pamonpol et al., 2020). In addition, they can be used to remove toxic heavy metals like chromium and nickel from wastewater, serving as environmentally friendly solutions for pollutant management (Tariq et al., 2017). In addition, studies show that they also help absorb electromagnetic wave radiation, protecting against electronic device-released radiation (Lestari et al., 2023). Furthermore, the *D. trifasciata* is of great economic importance. It produces fibers that can be used as raw materials for textiles and has become one of Indonesia's export commodities (Tallei et al., 2016). This fiber is characterized by its low cost, wide availability, high specific strength, renewability, and low density, making it suitable for reinforcement in polymer composites (Adeniyi et al., 2020). Additionally, it can be used to produce ropes and other traditional products, showcasing their versatility and potential in various applications (Wantahe, Bigambo, 2023).

Common Leaf Diseases in *Dracaena* species

The extensive uses of *Dracaena* in the cultural, ornamental, and medicinal fields imply the importance of maintaining its health and quality. Unfortunately, several diseases induced by various pathogens can infect the plant and display symptoms in its stem, root, or leaves, decreasing its agricultural or commercial value. This section examines the diseases commonly observed in the leaves of *Dracaena* spp., primarily leaf blights, leaf spots, anthracnose, viral, and bacterial diseases.

Leaf Spot

One of the commonly reported symptoms of diseases in *Dracaena* spp. is leaf spots (Figure 1) caused by several fungi. Upon infection by a spot-inducing pathogen, small yellow or brown spots with reddish-brown margins appear on the leaves. With gradual exposure to the pathogens, the spots become larger and paler and may eventually become lesions (Nayak, Mallick, 2021; Kee et al., 2018). The following are considered leaf spot-causing fungal agents in *Dracaena* species: *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon, Maubl. (syn. *Botryodiplodia theobromae* Pat.), *Fusarium graminearum* Schwabe, *F. proliferatum* (Matsush.) Nirenberg ex Gerlach, Nirenberg, *F. verticillioides* (Sacc.) Nirenberg, *Gibellulopsis nigrescens* (Pethybr.) Zare, W. Gams, Summerb., *Colletotrichum* sp., *Physalospora dracaenae* J. Sheld., *Hendersonia dracaenae* Ponnappa, *Phyllosticta* sp., and *Sphaerulina taxi* (Oudem.) Massee (Katakam et al., 2023; Hilal et al., 2016). However, across the genus, several species have been reported to be infected by other spot-inducing pathogens in various countries. *Dracaena trifasciata* displayed leaf spots caused by the fungal pathogen *Stemphylium lycopersici* in Malaysia (Kee et al., 2018). In India, the species *D. aletriformis* (Haw.) Bos was found to have sunken leaf spots caused by the fungus *Aspergillus terreus* Thom (Nayak, Mallick, 2021). In addition, a report stated that, in *D. sanderiana* Mast., *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz., Sacc. was the most common and aggressive pathogen within the leaf spots (Abdel-Rahman et al., 2020).

Figure 1. Common symptoms of leaf spot (A) and leaf blight (B)

Рисунок 1. Общие симптомы листовой пятнистости (A) и ожога листьев (B)

Leaf Blight

In leaf blight-infected plants (Figure 1), yellow dried spots may appear on *Dracaena* leaves (Kee et al., 2020a). As the disease progresses, these spots gradually enlarge or elongate, leading to grayish- or yellowish-brown lesions with dark-brown margins (Monteles et al., 2020; Kee et al., 2020a; Ahmadpour, Poursafar, 2018). A report from India by Banerjee et al. (2017) states that the fungus *L. theobromae* caused leaf blighting on the *D. fragrans* (L.) Ker Hawl. or cornstalk plant. Chlorosis often accompanies leaf blight (Choi et al., 2020). On *D. trifasciata,* leaf blight symptoms are associated with several fungal pathogens. These are *Fusarium* species reported in Malaysia (Kee et al., 2020a), *Neoscytalidium dimidiatum* in Brazil (Monteles et al., 2020), and *Stemphylium vesicarium* (Wallr.) E.G. Simmons in Iran (Ahmadpour, Poursafar, 2018). For *D. sanderiana*, few reports of leaf blight were said to be caused by the fungal pathogen *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn and bacterial pathogens *Pantoea stewartii* subsp. *indologenes*

Mergaert et al. and *Burkholderia cepacia* (Palleroni, Holmes) Yabuuchi et al. (Abdel-Rahman et al., 2020; Choi et al., 2020; Zhang et al., 2020). Furthermore, a study reports the first appearance of the disease in *D. fragrans* from India caused by *L. theobromae*, a fungal plant pathogen (Banerjee et al., 2017). These previous reports suggest the widespread occurrence of leaf blight in *Dracaena* in different parts of the world due to bacterial and fungal agents.

Anthracnose

Anthracnose is a plant disease characterized by dark yellow or brown sunken, spore-containing lesions on its stems and leaves. One of the major causes is the fungal genus *Colletotrichum,* which is known to infect a wide variety of crops (Elshahawy, Darwesh, 2023). Some species under this genus infect specific plants (i.e., key lime anthracnose by *C. acutatum* J.H. Simmonds, tomato fruit anthracnose by *C. coccodes* (Wallr.) S. Hughes) (Morsy, Elshahawy, 2016). Among *Dracaena* plants, anthracnose was reported to be caused by *C. gloeosporioides, C. dracaenophilum* D.F. Farr, M.E. Palm, and *C. dracaenicola* Sacc., Trotter (Katakam et al., 2023). Specific reports have been made on *C. gloeosporioides, C. sansevieriae,* and *C. dracaenophilum* infecting *D. reflexa* Lam., *D. trifasciata*, and *D. sanderiana,* respectively (Brand, Wichura, 2023; Banerjee et al., 2017; Morsy, Elshahawy, 2016).

Likewise, the first account of anthracnose affecting snake plants, *D. trifasciata*, in Ohio was documented in September of 2021 (Valero David et al., 2023). Gray, circular lesions covered 25% to 50% of the sample's surface. Areas with blight were observed to have darkly-colored acervuli surrounded by circular rings (David et al., 2023). In India, Banerjee et al. (2017) reported a case of anthracnose disease caused by *Colletotrichum* species on *D. reflexa*, presenting as dark lesions on leaves leading to necrosis. Given the impact of the genus *Colletotrichum* alone in the pathology of important crops, further research on its identification and prevention must be made. With numerous reports on leaf spots, leaf blights, and anthracnose among *Dracaena* plants, identifying the primary agents that cause these diseases is necessary for their control and management.

Viral Diseases

According to an article by Baker and Jeyaprakash (2014), viral pathogens causing *Dracaena* leaf diseases, namely *Dracaena* mottle virus (DrMV), are challenging to remove. This viral agent of the *Badnavirus* genus causes mottling and chlorotic patches on leaves, as previously seen in infected *D. sanderiana* and *D. braunii* (Bhat et al., 2016). As per Baker and Jeyaprakash (2014), only the *Dracaena* species are the hosts infected by the virus, and studies suggest avoiding stressing the plant habitat to prevent further infection of the disease. Kim et al. (2022) found chlorotic and mild mottling symptoms on *Dracaena* foliage in a greenhouse in Gwangju, Korea, particularly *D. braunii.* The study further investigated, through molecular testing, the virus identified as Pepper mild mottle virus (PMMoV), the most common pathogen for pepper plants and not previously reported in *Dracaena* species, suggesting a potential for cross-host infections of PMMoV infecting a broader range of plant hosts than previously known. There seems to be limited literature about viral agents causing leaf diseases in the *Dracaena* species, as bacterial and fungal agents are more rampant and prominent. Despite this, Kim et al. (2022) highlight the importance of monitoring plants for emerging viral threats circulating amongst *Dracaena*.

Bacterial Diseases

Several bacterial pathogens are known to cause significant leaf diseases in *Dracaena*, all of which often manifest in leaf spots, blights, or wilts. According to Vidaver et al. (2006), bacterial pathogens are common in warm and humid environments. They are spread through water, soil, or equipment contamination, entering through wounds or natural openings, where the bacteria multiply and release enzymes that lead to infection and disease. Commonly found pathogen *Pseudomonas syringae* van Hall, a prominent bacterium of many plants, including *Dracaena* sp., causes leaf spots that may coalesce and spread, blights, and cankers, leading to leaf necrosis (Fletcher et al., 2014). In addition to this, *Pantoea stewartii* subsp. *indologenes* (Zhang et al. 2020) has been identified as a significant pathogen for the *Dracaena* sp., causing leaf blight wilt. *Burkholderia cepacia,* another notable bacterial pathogen documented as a cause of blight in *D. sanderiana*, infects the plant with small, dark lesions that eventually develop into large areas of necrotic tissue, damaging the foliage (Zhang et al., 2020). Moreover, findings suggest that *B. cepacia* proliferates in humid environments, predominantly through infected soil or water, affecting the plant's overall health (Choi et al., 2020). The studies by Zhang et al. (2020) and Choi et al. (2020) emphasize the importance of monitoring bacterial agents causing diseases in *Dracaena* species to determine preventative measures in potential widespread outbreaks, particularly in nursery conditions, as plant density favors the rapid growth of bacterial infections. Proper sanitation measures are critical to mitigate the spread of these bacterial agents due to limited knowledge of proper permanent treatment.

Management Practices for *Dracaena* Diseases

Cultural and Physical Methods

Overwatering leads to root rot in *Dracaena* species. A major problem in commercial nurseries and homes, known as root rot, usually results from fungal pathogens. Various fungal species associated with *Dracaena* root rot have been identified as *Fusarium* spp. and *Phytophthora* spp. (Uchida et al., 2003). Excessive moisture is an environment favorable for pathogens to grow, wherein the roots of *Dracaena* plants become oxygen-starved. This leads to rotting of root tissue, compromising the plant's ability to uptake water and nutrients, and eventual decline and potential death. Ghaderi (2023) also noted *Phytophthora occultans* Man in 't Veld, K. Rosend. as a root rot causative agent, though in *Sansevieria*, a close relative. Root rot has significant effects, including stunted growth, chlorotic leaves, and even plant death, with economic consequences to commercial growers and the

aesthetic appeal of *Dracaena* plants cultivated as ornamentals. While often used with cultural practices, physical methods directly address the disease or its symptoms through pruning. Removing diseased plant parts, such as yellowing, brown, or wilted leaves, can help prevent the spread of pathogens within the plant (Hilal et al., 2016). In addition to pruning, physical methods for managing *Dracaena* disease include sterilizing tools and equipment to prevent cross-contamination. Studies have shown that pathogens can survive on contaminated tools, which increases the danger of disease transmission among plants. For instance, Hilal et al. (2016) found that the pathogenic bacteria *Erwinia amylovora* (Burrill) Winslow et al. can survive on pruning shears. Therefore, the disease can be unintentionally disseminated if an individual cuts healthy plants using the same equipment they used to cut infected plants. To lower this risk, the researchers emphasized the significance of cleaning pruning instruments.

Biological Control Methods

An *in vitro* analysis of the performance of bacterial biocontrol agents against *Dracaena* leaf spots by Hilal et al. (2016) found them capable of impeding the growth of the colony of the leaf spot fungi, spore germination, and the length of the germ tube. *Stenotrophomonas maltophilia* (Hugh ex Hugh and Ryschenkow) Palleroni and Bradbury consistently displayed inhibition effects by decreasing the disease incidence and disease index, followed by the bacterium *Pythium ultimum* Trow, *Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn, and *B. megaterium* de Bary. The same study tested the effectiveness of fungal biocontrol agents, including *Trichoderma* spp. *Trichoderma harzianum* Rifai was observed to have the most significant inhibiting effect against the *Dracaena* leaf spots. At the same time, *T. album* Preuss was best at curbing spore germination and generating germ tubes in germinated spores. Based on the report of Abdel-Rahman et al. (2023), which focused on the control of the fungus *R. solani* in *D. sanderiana*, the bioagents *Clonostachys rosea* (Link) Schroers, Samuels, Seifert, W. Gams, *B. circulans*, *B. siamensis* Sumpavapol et al., and *Ochrobactrum anthropi* Holmes et al. may be considered as potential inhibitors of the spread of *R. solani* in the lucky bamboo plant. *Ochrobactrum anthropi* displayed the highest inhibitory effect on the overall growth of the colonies, followed by *C. rosea*, *B. siamensis*, and finally, *B. circulans*. It was established through these bioagents that methods of hindering plant disease progression can be explored while circumventing the negative impact of chemical control.

Overall, the use of microorganisms such as bacteria to combat fungal diseases has been well documented by Jayaraj et al. (2004) and Stamenković et al. (2018), stating that these plant growth-promoting microorganisms (PGPM) are capable of having antifungal capabilities through the production of siderophores, such as in the case of *Pseudomonas* sp., which have been documented to hinder fungal development (Manwar et al., 2004). Meanwhile, *B. cereus* is a prospective biocontrol agent for rice fungi (Etesami, Alikhani, 2017).

Chemical Control Methods

According to Elshahawy and Darwesh (2023), chemical protection is the central route of action for plant disease control. Therefore, in their study, which experimented with the effectiveness of six systemic fungicides against *C. dracaenophilum* and *C. gloeosporioides* in a laboratory setting, it was established that thiophanate-methyl and difenoconazole+azoxystrobin inhibited pathogen development at less than 15 ppm. At less than 20 ppm, tebuconazole and flusilazole also wholly inhibited the growth of the pathogen. However, iprodione and cyprodinil+fludioxonil performed worse, having a lesser effect. The *in vivo* process with *D. sanderiana* revealed that a mixture of difenoconazole, azoxystrobin, and thiophanate-methyl at a dose of 20 ppm slowed down the progression of anthracnose. Nevertheless, it was also established that tebuconazole and flusilazole were phytotoxic to the plants.

Another test study of the inhibitory effects of six widely used fungicides, Dithane M45 (a.i. mancozeb), Kocide 200 (a.i., copper hydroxide), Ridomil Gold Plus (a.i., copper oxychloride), Score (a.i., difenocon famaxadone), Equation Pro (a.i. cymoxanil famaxadone), and Kemazed (a.i., carbendazim), was conducted in Northern Egypt with *D. marginata* Aiton leaf spots as samples (Hilal et al., 2016). These fungicides were all found to negatively impact colony growth, with Dithane M45 being the most efficient in hindering spore germination. Kemazed, on the other hand, was observed to be a potent inhibitory agent of germ tube development *in vitro* and decreased the incidence of *Dracaena* leaf spot disease *in vivo*.

Kemazed has also been utilized in another study that was aimed at gauging the significance of the fungicide against three aggressive fungi: *C. gloeosporioides*, *F. oxysporum,* and *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl in *D. sanderiana* (Abdel-Rahman et al., 2020). After consistently inhibiting the growth of the fungal colonies, it was determined that the chemical fungicide was highly efficient in hindering fungal disease progression in *D. sanderiana.*

Conclusion

Plant diseases affect the aesthetics and health of ornamental plants, including *D. trifasciata.* Leaf spots, leaf blight, anthracnose, viral, and bacterial diseases are the common diseases reported to be associated with *D. trifasciata.* Identifying the correct pathogen causing the disease is important to protect *Dracaena* plants from various diseases through appropriate and effective disease control approaches. Therefore, targeting and determining the causative agents of leaf diseases in *Dracaena* spp. is crucial to mitigating any disease outbreak.

Acknowledgments

The authors thank De La Salle University. The third author was supported by the Department of Science and Technology-Science Education Institute.

References

Abdel-Rahman T, El-Morsy SA, Halawa A (2020) Occurrence of stem and leaf spots on lucky bamboo (Dracaena sanderiana hort. Ex. Mast.) plants in vase and its cure with safe means. *J Plant Prot Pathol* 11(12), 705–713. https://dx.doi.org/10.21608/jppp.2020.170648

Abdel-Rahman TFM, Abdel-Megeed A, Salem MZM (2023) Characterization and control of *Rhizoctonia solani* affecting lucky bamboo (*Dracaena sanderiana* hort. Ex. Mast.) using some bioagents. *Sci Rep* 13(1), 6691. https://doi.org/10.1038/s41598-023-33628-8

Adeniyi AG, Adeoye SA, Ighalo JO (2020) *Sansevieria trifasciata* fiber and composites: a review of recent developments. *Int Polym Process* 35(4), 344–354. https://doi.org/10.3139/217.3914

Ahmadpour A, Poursafar A (2018) *Stemphylium vesicarium* causing *Sansevieria trifasciata* (viper's bowstring hemp) leaf blight in Iran. *Australas Plant Dis Notes* 13(1), 4. https://doi.org/10.1007/s13314-018-0288-3

Babu K, Prabhu S (2024) *Dracaena trifasciata* (Prain) Mabb.: traditional use, pharmacognosy, phytochemistry, and pharmacology: a comprehensive review. *J Phytopharmacol* 13(3):235–241. https://doi.org/10.31254/phyto.2024.13307

Baker CA, Jeyaprakash A (2014) *Dracaena mottle virus* in lucky bamboo. FL Dept Agric Cons Serv.

Banerjee A, Panja B, Saha J (2017) Tip blight disease of Dracaena fragrans caused by *Lasiodiplodia theobromae*(Botryosphaeriaceae), from India. *Aust J Mycol* 26, 63–67.

Berame J, Cuenca S, Cabilin D, Manaban M (2017) Preliminary phytochemical screening and toxicity test of leaf and root parts of the snake plant (*Sansevieria trifasciata*). *J Phylogenet Evol Biol* 5:3. https://doi.org/10.4172/2329-9002.1000187

Bhat AI, Hohn T, Selvarajan R (2016) Badnaviruses: the current global scenario. *Viruses* 8(6):177. https://doi.org/10.3390/v8060177

Brand T, Wichura A (2023) First report on *Colletotrichum sansevieriae* causing anthracnose of *Sansevieria trifasciata* in Germany. *Gesunde Pflanzen* 75(1):61–66. https://doi.org/10.1007/s10343-022-00777-1.

Chen S, Kim D, Chase MW, Kim JH (2013) Networks in a large-scale phylogenetic analysis: reconstructing evolutionary history of Asparagales (Lilianae) based on four plastid genes. *PLoS ONE* 8(3):e59472. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059472

Choi O, Lee Y, Kang B, Kim S, et al. (2020) Bacterial blight on *Dracaena sanderiana* caused by *Burkholderia cepacia*. *Australas Plant Dis Notes* 15(1):4. https://doi.org/10.1007/s13314-020-0373-2

Cordero CS, Ligsay AD, Alejandro GJD (2020) Ethnobotanical documentation of medicinal plants used by the Ati tribe in Malay, Aklan, Philippines. *J Complement Med Res* 11(1):170. http://dx.doi.org/10.5455/jcmr.2020.11.01.20

Dadang RJ, Simborio LT, Casinillo NG, Amoroso VB (2020) The floriculture industry on the grassroots: the issues on ornamental plant growing, extraction and trading in Baganihan, Southern Philippines. *Adv Agric Bot Bioflux* 12(1):1–11

Denk T, Güner HT, Grimm GW (2014) From mesic to arid: leaf epidermal features suggest preadaptation in Miocene dragon trees (*Dracaena*). *Rev Palaeobot Palynol* 200:211–228. https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2013.09.009

Dewatisari WF, Nugroho LH, Retnaningrum E, Purwestri YA (2021) The potency of *Sansevieria trifasciata* and *S. cylindrica* leaf extracts as antibacterial against *Pseudomonas aeruginosa*. *Biodiversitas* 22(1):408–415. https://doi.org/10.13057/biodiv/d22015

Dewatisari WF, To'bungan N (2024) Phytochemistry and ethnopharmacology of *Dracaena trifasciata*. *Nusantara Biosci*16(2):169–184. https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n160203

Dey B, Bhattacharjee R, Mitra A, Singla RK, et al. (2014) Mechanistic explorations of antidiabetic potentials of *Sansevieria trifasciata*. *Indo Global J Pharm Sci* 4(2):113–122. https://doi.org/10.35652/IGJPS.2014.115

Doctor T, Manuel JJ (2014) Phytochemical screening of selected indigenous medicinal plants of Tublay, Benguet Province, Cordillera Administrative Region, Philippines. *Int J Sci Res Publ* 4(4):1–12.

El Mokni R, Verloove F (2022) Further records of non-native succulents within Asparagaceae sensu lato as casual or naturalising aliens in Tunisia and North Africa. *Bradleya* 40(40):119–129. https://doi.org/10.25223/brad.n40.2022.a10

Elshahawy IE, Darwesh OM (2023) Preventive and curative effect of difenoconazole+azoxystrobin and thiophanate-methyl against lucky bamboo anthracnose disease caused by *Colletotrichum dracaenophilum*. *Heliyon* 9(3):e14444. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14444

Etesami H, Alikhani HA (2017) Evaluation of gram-positive rhizosphere and endophytic bacteria for biological control of fungal rice (*Oryza sativa* L.) pathogens. *Eur J Plant Pathol* 147(1):7–14. https://doi.org/10.1007/s10658-016-0981-z

Fletcher J, Luster D, Bostock R, Burans J, et al. (2010) Emerging infectious plant diseases. In: Scheld WM, Grayson ML, Hughes JM (eds), Emerging Infections 9. ASM Press. https://doi.org/10.1128/9781555816803.ch18

García-Hernández E, Loera-Quezada MM, Morán-Velázquez DC, Lopez MG, et al. (2022) Indirect organogenesis for high-frequency shoot regeneration of two cultivars of *Sansevieria trifasciata* Prain differing in fiber production. *Sci Rept* 12:8507. https://doi.org/10.1038/s41598-022-12640-4

Ghaderi F (2023) New report of *Phytophthora occultans* associated with root and crown rot on *Sansevieria*. *Mycol Iran* 10(1):45–54. https://doi.org/10.22043/MI.2023.361284.1250

Hematharshini A, Seran TH (2019) Effect of leaf segments and potting media on plant performance of *Sansevieria trifasciata* Hort. Ex Prain grown under ex vitro conditions. *Turk J Agric Food Sci Technol* 7(11):1743–1747. https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i11.1743-1747.2394

Hilal A, El-Argawy E, Korany A, Fekry T (2016) Chemical and biological control of *Dracaena marginata* leaf spots in Northern Egypt. *Int J Agric Biol* 18:1201–1212 https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0229

Ji Y, Landis J, Yang J, Wang S, et al. (2023) Phylogeny and evolution of Asparagaceae subfamily Nolinoideae: new insights from plastid phylogenomics. *Ann Bot* 131(2):301–312. https://doi.org/10.1093/aob/mcac144

Katakam M, Panja B, Saha J (2023) Disease spectrum of cornstalk plant [*Dracaena* sp.] and its distribution: a review. *Pharma Innov* 122(9):3080–3085

Kee YJ, Latiffah Z, Masratul Hawa M (2018) First report of *Stemphylium lycopersici* causing leaf spot on *Sansevieria trifasciata* in Malaysia. *Plant Dis* 102(2):445–446. 10https://doi.org/10.1094/PDIS-07-17-1049-PDN

Kee YJ, Zakaria L, Mohd MH (2020) Morphology, phylogeny and pathogenicity of *Fusarium* species from *Sansevieria trifasciata* in Malaysia. *Plant Pathol* 69(3):442–454. https://doi.org/10.1111/ppa.13138

Kim SW, Jeong Y, Yang KY, Jeong RD (2022) First report of natural infection of *Dracaena braunii* by pepper mild mottle virus in Korea. *J Plant Pathol* 104(4):1579–1579. https://doi.org/10.1007/s42161-022-01205-z

Lestari M, Mugi S, Sulhadi S, Sutikno S (2023) The effect of ornamental plants on reducing the intensity of electromagnetic wave radiation. *Phys Commun* 7:35–42. https://doi.org/10.15294/physcomm.v7i1.41534

Lontoc SMH, Soriano CF, Comia SAMM, Hernandez AFR, et al. (2020) In vitro antioxidant activity and total phenolic content of *Sansevieria trifasciata* (snake plant) crude ethanolic and aqueous leaf extracts. *Asia Pac J Allied Health Sci* 1:35–58

Li X, Yang Y (2020) Preliminary study on Cd accumulation characteristics in *Sansevieria trifasciata* Prain. *Plant Divers* 42(5):351–355. https://doi.org/10.1016/j.pld.2020.05.001

Madjos G, Ramos K (2021) Ethnobotany, systematic review and field mapping on folkloric medicinal plants in the Zamboanga Peninsula, Mindanao, Philippines. *J Complement Med Res* 12, 21. https://doi.org/10.5455/jcmr.2021.12.01.05

Manwar AV, Khandelwal SR, Chaudhari BL, Meyer JM, et al. (2004) Siderophore production by a marine *Pseudomonas aeruginosa* and its antagonistic action against phytopathogenic fungi. *Appl Biochem Biotechnol* 118(1):243–251. https://doi.org/10.1385/ABAB:118:1-3:243

Monteles RP, Sousa ES, da Silva Matos K, et al. (2020) *Neoscytalidium dimidiatum* causes leaf blight on *Sansevieria trifasciata* in Brazil. *Australas Plant Dis Notes* 15(1):19. https://doi.org/10.1007/s13314-020-00389-6

Morsy AA, Elshahawy IE (2016) Anthracnose of lucky bamboo *Dracaena sanderiana* caused by the fungus *Colletotrichum dracaenophilum* in Egypt. *J Adv Res* 7(3):327–335. https://doi.org/10.1016/j.jare.2016.01.002

Mudgal G (2021) An efficient and quick protocol for in vitro multiplication of snake plant, *Sansevieria trifasciata* var. Laurentii [Prain]. *Plant Cell Tissue Organ Cult* 147:405–411. https://doi.org/10.1007/s11240-021-02132-0

Nayak AK, Mallick SN (2021) First report of *Aspergillus terreus* causing sunken leaf spot on *Dracaena aletriformis* in India. *Australas Plant Pathol* 50(1):7–9. https://doi.org/10.1007/s13313-019-00653-z

Pamonpol K, Areerob T, Prueksakorn K (2020) Indoor air quality improvement by simple ventilated practice and *Sansevieria trifasciata*. *Atmosphere* 11(3):271. https://doi.org/10.3390/atmos11030271

Pandiyarajan S, Manickaraj SSM, Liao AH et al (2024) Supercritical CO_2 mediated construction of aluminium waste recovered γ-Al_2O_3 impregnated *Dracaena trifasciata* biomass-derived carbon composite: a robust electrocatalyst for mutagenic pollutant detection. *J Colloid Interface Sci* 659:71–81. https://doi.org/10.1016/j.jcis.2023.12.117

Praptosuwiryo TN (2003) *Sansevieria* Thunb. Plant Resources of South-East Asia No 17: Fibre plants. https://prosea.prota4u.org/view.aspx?id=6555 (04.08.2025)

Raslan M, Abdel-Rahman R, Fayed H, Ogaly H et al. (2021) Metabolomic profiling of *Sansevieria trifasciata* Hort ex. Prain leaves and roots by HPLC-PAD-ESI/MS and its hepatoprotective effect via activation of the NRF2/ARE signaling pathway in an experimentally induced liver fibrosis rat model. *Egypt J Chem* 64(11):6647–6671. https://doi.org/10.21608/ejchem.2021.78970.3877

Saraf S (2023) Dragon's blood tree (*Dracaena cinnabari*): a Cenozoic relict. In: Shah MM (ed) Endangered species – present status. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.112282

Sharma A, Parashar K, Kumari A, Srivastava D, et al. (2023) Fluorescent carbon dots from snake plant for applications as probe for optical and electrochemical sensing of Hg^{2+} and Fe^{3+} and bio-imaging agent. *ChemSelect* 8(42):e202301249. https://doi.org/10.1002/slct.202301249

Stamenković S, Beškoski V, Karabegović I, Lazić M, et al. (2018) Microbial fertilizers: a comprehensive review of current findings and future perspectives. *Span J Agric Res* 16(1):e09R01. https://doi.org/10.5424/sjar/2018161-12117.

Tallei TE, Riano E, Rembet JJ, Pelealu BJ, et al. (2016) Sequence variation and phylogenetic analysis of *Sansevieria trifasciata* (Asparagaceae). *Biosci Res* 13(1):1–7.

Teixeira SL, Campanati M, Teixeira MT, Almeida RF (2005) Esterilização de meios nutritivos para cultura de tecidos vegetais, pela combinação de esterilizantes químicos e forno de microondas. *Rev Ceres* 52:343–349

Uchida JY, Kadooka CY, Aragaki M (2003) Dracaena decline and root rot. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa. https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/HB-103.pdf

Umoh O, Edet V, Uyoh V (2020) Comparative analysis of the phytochemical contents of dry and fresh leaves of *Sansevieria trifasciata* Prain. *Asian J Res Bot* 3(1):41–47

Vidaver AK, Tolin SA, Lambrecht P (2006) Laboratory, growth chamber, and greenhouse microbial safety: plant pathogens and plant-associated microorganisms of significance to human health. In: Fleming DO, Hunt DL (eds) Biological Safety: Principles and Practices. Fourth Edition. ASM Press. 35–52. https://doi.org/10.1128/9781555815899.ch3

Wantahe E, Bigambo P (2023) Review of *Sansevieria ehrenbergii* (SE) leaf fibers and their potential applications. *Cellulose* 30:9241–9259. https://doi.org/10.1007/s10570-023-05481-5

Yuniarsih N, Hidayah H, Gunarti NS et al (2023) Evaluation of wound-healing activity of hydrogel extract of *Sansevieria trifasciata* leaves (Asparagaceae). *Adv Pharmacol Pharm Sci* 2023(1):7680518. https://doi.org/10.1155/2023/7680518

Zhang S, Xu ZY, Le R, Hu HQ (2020) First report of leaf blight wilt on *Dracaena sanderiana* by *Pantoea stewartii* subsp. *indologenes* in China. *Plant Dis* 104(6):1854–1854. https://doi.org/10.1094/PDIS-06-19-1143-PDN

Вестник защиты растений, 2025, 108(2), с. 90–97
OECD+WoS: 4.01+AM (Agronomy); 1.06+QU (Microbiology) https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-2-17081

Мини-обзор

ОБЗОР БОЛЕЗНЕЙ *DRACAENA TRIFASCIATA* (ASPARAGALES: ASPARAGACEAE)

М.М.Р. Альберка†, Т.М. Куэнка†, Г.О. Морта†, И.Ф. Оканья†, Ю.Л.Д. Пенейра†, М.А. Балендрес*

Научный колледж, Университет Де Ла Саль, Манила, Филиппины

**ответственный за переписку, e-mail: mark.angelo.balendres@dlsu.edu.ph*

†Авторы с равным вкладом

Декоративные растения играют важную роль в повседневной жизни, доставляю положительные эмоции людям из всех слоёв общества. Декоративные растения стали привычным зрелищем, добавляя комфорт даже в самые маленькие пространства. Среди них драцена трёхполосная *Dracaena trifasciata*, которая пользуется большой популярностью в домашнем хозяйстве. Несмотря на свою репутацию выносливого растения, драцена всё же подвержена заболеваниям листьев и корней, что негативно сказывается на её общем состоянии и эстетической ценности. В тропических регионах, где частые осадки и высокая влажность создают идеальные условия для размножения бактериальных, грибных и вирусных патогенов, болезни растений могут стать серьёзной проблемой, способной повлиять на их внешний вид и здоровье. В данной статье рассматриваются болезни *D. trifasciata* и других видов драцены, современные методы борьбы, а также перспективы использования известных дезинфицирующих средств для применения в помещениях. Пятнистость и ожог листьев, антракноз, вирусные и бактериальные заболевания – распространённые заболевания, связанные с *D. trifasciata*. Помимо обрезки, борьба с болезнями драцены включает стерилизацию инструментов и оборудования для предотвращения перекрёстного заражения. Наконец, в данной статье обсуждается важность накопления знаний о болезнях *D. trifasciata* и связанных с ними патогенах, что полезно для соответствующих заинтересованных сторон. Эти знания могут помочь потребителям разобраться в распространённых болезнях листьев драцены, что позволит им принимать более обоснованные решения при покупке этих растений. Исследования в области здоровья растений способствуют улучшению ухода за растениями в домашних хозяйствах, что благоприятствует созданию цветущих садов по всей стране.

Ключевые слова: антракноз, ожог листьев, листовая пятнистость, декоративное растение, *Sansevieria*

Поступила в редакцию: 05.06.2025 *Принята к печати: 30.07.2025*

© Альберка М.М.Р., Куэнка Т.М., Морта Г.О., Оканья И.Ф., Пенейра Ю.Л.Д., Балендрес М.А. Статья открытого доступа, публикуемая Всероссийским институтом защиты растений (Санкт-Петербург) и распространяемая на условиях Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

OECD+WoS: 1.06+IY (Entomology) https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-2-16883

Полнотекстовая статья

ПОВРЕЖДЕННОСТЬ ЗЕРНА ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ВРЕДНОЙ ЧЕРЕПАШКОЙ *EURYGASTER INTEGRICEPS* И ПШЕНИЧНЫМ ТРИПСОМ *HAPLOTHRIPS TRITICI* В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Е.А. Вихрова*

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова, Самара
**ответственный за переписку, e-mail: vixrova.lena@mail.ru*

Цель исследований заключалась в оценке поврежденности зерна озимой и яровой мягкой пшеницы вредной черепашкой и пшеничным трипсом в условиях лесостепи Самарской области в зависимости от погодных условий и сорта пшеницы. Объектом исследования служили сорта озимой пшеницы: Поволжская 86, Поволжская нива, Константиновская и яровой пшеницы Кинельская 59, Кинельская отрада и Кинельская юбилейная. Работу проводили в различавшихся по погодным условиям 2015–2017 гг. на полях и в биотехнологической лаборатории Поволжского НИИСС. Температурные колебания и изменения количества осадков в весенне-летний период оказывали существенное влияние на развитие фитофагов. Пониженные температуры и избыток осадков были неблагоприятными факторами для этих вредителей в посевах озимой и яровой пшеницы. В то же время, повышение температуры и недостаток влаги способствовали активизации вредителей, усиливая их вредоносность. Наибольшее снижение массы и числа зерен, поврежденных клопом-черепашкой и личинками пшеничного трипса, наблюдалось в засушливом и жарком 2015 г. у озимой пшеницы сорта Константиновская; наименьшее – во влажном и прохладном 2017 г. у сорта Поволжская нива, яровой пшеницы – у сортов Кинельская отрада и Кинельская юбилейная. За годы исследований в наименьшей степени повреждались фитофагами новые сорта: озимой пшеницы – Поволжская нива и яровой пшеницы – Кинельская юбилейная. Эти сорта могут быть рекомендованы для использования в селекции на иммунитет.

Ключевые слова: число и масса зерен, погодные условия, сорта, вредоносность, статистическая обработка данных

Поступила в редакцию: 05.03.2025 *Принята к печати: 20.07.2025*

Введение

В Самарской области, где преобладают черноземные почвы и сравнительно благоприятные погодные условия, основное внимание уделяется возделыванию полевых культур. Согласно данным Федеральной службы государственной статистики, в структуре посевных площадей озимая пшеница занимает около 46.7%, яровая пшеница – 26.2%.

Повышение урожайности и качества зерна пшеницы – важная задача агропромышленного комплекса России. Ежегодно из-за вредителей теряется до 30% урожая сельскохозяйственных культур (Иванченко, 2010). На качество зерна пшеницы оказывают влияние, главным образом, фитофаги с колюще-сосущим ротовым аппаратом, извлекающие питательные вещества из вегетативных и генеративных органов культуры, к ним относятся: пшеничный трипс (*Haplothrips tritici* Kurd.) и вредная черепашка (*Eurygaster integriceps* Put.) (Багай, Лысенко, 2016). Самарская область, которая относится к зоне с оптимальными условиями для развития и ежегодно высокой вредоносности трипса (Шуровенков, 1971; Танский и др., 2006; Масляков, 2015), расположена в северной части ареала вредной черепашки, где ее численность и вредоносность в связи с потеплением климата неуклонно нарастают (Вилкова и др., 2018; Капусткина, 2023; Мухитов, Тимошенкова, 2023; Тимошенкова, 2024). Погодные условия играют важную роль в уровне активности насекомых, за счет чего увеличивается или снижается их вредоносность. Понимание этой взаимосвязи является ключевым фактором для эффективного управления вредителями и защиты сельскохозяйственных культур.

Имаго пшеничного трипса питаются преимущественно клеточным соком листьев пшеницы в фазах кущения, выхода в трубку и колошения, что приводит к снижению урожайности зерна. Самки этого вредителя откладывают яйца непосредственно на стержень колоса и на внутреннюю часть колосковых чешуй. Личинки трипса питаются формирующимся и созревающим зерном, особенно активно — на стадиях молочной и молочно-восковой спелости. Они скапливаются в бороздках зерен, поглощая питательные вещества, что приводит к снижению массы зерновки и незначительно снижает ее качество (Танский, 1988; Емельянов и др., 2019; Uzun, Demirözer, 2022).

Клоп вредная черепашка относится к особо опасным вредителям. Ареал фитофага охватывает основные районы возделывания пшеницы в умеренном и субтропическом поясах северного полушария, в степной, лесостепной, полупустынной и пустынной зонах (Фролов, 2019; Нейморовец, 2019; Neimorovets, 2020). Вредитель имеет хорошо развитый колюще-сосущий ротовой аппарат, которым прокалывает зерновку и вводит в нее слюну, содержащую чрезвычайно активные протеолитические ферменты, разрушающие белковый комплекс зерна, переводя

© Вихрова Е.А. Статья открытого доступа, публикуемая Всероссийским институтом защиты растений (Санкт-Петербург) и распространяемая на условиях Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

его в растворимую форму, пригодную для всасывания (Конарев и др., 2014; Вилкова и др., 2018; Конарев, 2020). Степень повреждения зерна клопами находится в прямой зависимости от интенсивности работы их пищеварительной системы. Более активные ферменты этих вредителей приводят к более значительному поражению зерновых. Это объясняется тем, что они способствуют более эффективному расщеплению защитных веществ в зерне, делая его более доступным для потребления. Мука, полученная из такого зерна, характеризуется как слабая, с низкими показателями физических свойств клейковины и теста, что делает ее непригодной для хлебопечения (Павлюшин и др., 2015; Dizlek, 2018).

В настоящее время предпочтение отдается беспестицидным технологиям возделывания зерновых злаковых культур. Таким образом, выращивание устойчивых сортов пшеницы, это наиболее экологичный, экономически выгодный и целесообразный способ защиты зерновых культур от вредителей.

Цель исследований заключалась в оценке поврежденности зерна озимой и яровой мягкой пшеницы вредной черепашкой и пшеничным трипсом в условиях лесостепи Самарской области в зависимости от погодных условий и сорта пшеницы.

Материалы и методы

Объектом исследования служили 3 сорта озимой пшеницы: Поволжская 86 (*lutescens*), Поволжская нива (*velutinum*); имеют государственную регистрацию в реестре селекционных достижений РФ по Средневолжскому и Уральскому регионам. Сорт озимой пшеницы Константиновская (*erythrospermum*), пока не имеет официальной регистрации и проходит необходимые испытания. И 3 сорта яровой пшеницы разновидности *erythrospermum*: Кинельская 59, Кинельская отрада и Кинельская юбилейная, занесенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ, рекомендуемые для возделывания в Поволжском, Центрально-Черноземном, Уральском регионах. Указанные сорта пшеницы характеризуются высокой адаптивностью к различным почвенным условиям и обладают устойчивостью к заболеваниям. По технологическим и хлебопекарным показателям качества зерна и муки они соответствуют требованиям ценной и сильной пшеницы, формируют продовольственное зерно 1–3 классов.

Анализ поврежденности зерна озимой и яровой пшеницы клопом-черепашкой и пшеничным трипсом проводили в 2015–2017 гг. на полях Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства имени П.Н. Константинова – филиала Самарского научного центра РАН, а также в биотехнологической лаборатории.

Погодные условия в годы проведения исследований значительно варьировались: 2015 год характеризовался как засушливый и жаркий, 2016 год был теплым с умеренным количеством осадков, а 2017 год отличался повышенной влажностью и прохладой (табл. 1, 2, 3).

Отбор снопового материала проводили по диагонали поля в 10 местах перед уборкой культуры. Площадь учетной делянки – 1 м^2, занятой одним сортом. Все колосья срезали в фазу полной спелости в 3-кратной повторности (Каплин и др., 2000). Чтобы определить степень поврежденности зерна личинками пшеничного трипса зерно обмолачивали, с последующим визуальным осмотром под бинокулярным микроскопом. Степень поврежденности зерна пшеничным трипсом проводили в соответствии с методикой, разработанной В.И. Танским (1988). Анализ выполняли в трехкратной повторности с определением количества и массы поврежденных и неповрежденных зерен.

Степень поврежденности зерна трипсом оценивали по следующей шкале: незначительное увеличение и углубление бороздки, в которой часто скапливаются личинки трипса в процессе питания, небольшое осветление зерна в местах питания – слабая степень; углубление и

Таблица 1. Температура воздуха в 2015–2017 гг. (по данным Усть-Кинельской метеостанции)

Table 1. Air temperature in 2015–2017. (according to the Ust-Kinel meteorological station)

Месяц Month	Декада Decade	Средняя температура воздуха, °C Average air temperature, °C			
		Среднемноголетняя Average annual	2015	2016	2017
Май May	1	13.7	14.6	14.6	14.9
	2	14.8	12.9	14.2	12.2
	3	16.6	21.9	20.3	14.2
	Среднее за месяц Monthly average	15.0	16.5	16.4	13.8
Июнь June	1	18.4	20.2	15.9	13.8
	2	20.1	22.1	22.4	17.1
	3	20.8	27.6	21.5	18.7
	Среднее за месяц Monthly average	19.7	23.3	19.9	16.5
Июль July	1	20.8	20.0	21.4	18.9
	2	22.8	19.4	23.8	21.3
	3	21.9	20.9	22.9	22.4
	Среднее за месяц Monthly average	21.7	20.1	22.7	20.9
Август August		19.3	18.0	24.6	21.4

Таблица 2. Сумма осадков в 2015–2017 гг. (по данным Усть-Кинельской метеостанции)

Table 2. Precipitation in 2015–2017. (according to the Ust-Kinel meteorological station)

Месяц Month	Декада Decade	Сумма осадков, мм			
		Среднемноголетняя Average annual	2015	2016	2017
Май May	1	8.7	8.8	5.1	1.9
	2	11.6	12.8	3.8	17.2
	3	13.5	15.2	19.4	51.3
	Среднее за месяц Monthly average	33.8	36.8	28.3	70.4
Июнь June	1	15.5	0.5	9.4	45.8
	2	16.6	0.0	0.4	45.9
	3	22.5	0.0	3.0	38.1
	Среднее за месяц Monthly average	54.6	0.5	12.8	129.8
Июль July	1	22.2	8.5	34.8	17.8
	2	15.9	22.1	20.3	3.0
	3	12.1	24.6	26.3	1.6
	Среднее за месяц Monthly average	50.2	55.2	81.4	22.4
Август August		43.3	19.8	2.7	1.3

Таблица 3. Гидротермический коэффициент в 2015–2017 гг.

Table 3. Hydrothermal coefficient in 2015–2017

Год Year	ГТК GTK			
	Май May	Июнь June	Июль July	Август August
2015	0.79	0.01	0.78	0.36
2016	0.55	0.21	1.30	0.04
2017	1.93	2.67	0.34	0.02
Среднемноголетнее Average annual	0.75	0.70	0.73	0.75

расширение бороздки, бурый цвет в ее глубине, светлые участки в местах уколов личинок – средняя; изменение формы и массы зерна – сильная степень повреждения зерна (Танский, 1988; Емельянов и др., 2019).

Поврежденность зерна клопом-черепашкой определяли согласно ГОСТ 33538-2015 (2018). При этом вручную отбирали по 50 г. зерна, освобождали его от примесей и отделяли три навески целого зерна по 10 г., в которых подсчитывали поврежденные черепашкой и неповрежденные зерна. Взятую пробу помещали на разборную доску и осуществляли визуальную оценку зерен как со спинки и боков, так и со стороны зародыша и бороздки. При проведении анализа из общей массы зерен выбирали те, на поверхности которых имелись признаки повреждения – темные точки, окруженные резко очерченным светло-желтым пятном округлой или неправильной формы; зерна с наличием на поверхности такого же пятна, в пределах которого имелась вдавленность или морщины без следа укола; зерна с наличием такого же пятна на зародыше без вдавленности или морщин. Во всех случаях консистенция зерна под пятном отличалась рассыпчатой и мучнистой текстурой. Поврежденные зерна взвешивали с точностью до сотых долей грамма, а их содержание в каждой навеске вычисляли и выражали в процентах. В качестве итогового значения использовалось среднее арифметическое, вычисленное на основе трех измерений.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программ Microsoft Excel, применялся корреляционный анализ между погодными условиями и количеством поврежденных зерен озимой и яровой пшеницы вредной черепашкой и пшеничным трипсом, устанавливались ошибки средних показателей на основании удвоенного стандартного отклонения, достоверность отличий между показателями у сортов озимой и яровой пшеницы – с помощью наименьшей существенной разницы между ними ($НСР_{0.05}$).

Результаты

Поврежденность зерна пшеницы личинками пшеничного трипса в годы исследований была сравнительно высокой. В 2015–2017 гг. количество поврежденных зерен озимой и яровой пшеницы составляло соответственно 32.8–50.1 % и 25.0–45.0 %, а их массовая доля – 31.7–46.8 % и 25.6–43.3 % (табл. 4, 5). В колосьях преобладали зерна слабо и средне поврежденные личинками трипса, где их массовая доля у сортов озимой пшеницы составляла 16.0–22.7 % и 9.7–16.1 %, а у яровой – 12.4–21.1 % и 6.6–13.8 %. В среднем за три года наибольшее снижение массы зерна, поврежденного личинками пшеничного трипса, наблюдалось у озимой пшеницы остистого сорта Константиновская разновидности *erythrospermum*, наименьшее – у сорта Поволжская нива разновидности *velutinum*. У яровой

Таблица 4. Поврежденность зерна озимой мягкой пшеницы клопом-черепашкой и пшеничным трипсом в 2015─2017 гг.

Table 4. Damage to winter soft wheat grains by the Sunn pest and wheat thrips in 2015─2017

Сорт Variety	Год Year	Поврежденное зерно, % Damaged grain, %										Неповрежденное зерно, % Intact grain, %	
		Пшеничным трипсом Wheat thrips								Клопом-черепашкой Sunn pest			
		слабо weakly		средне medium		сильно strongly		итого total					
		1*	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Поволжская 86 Povolzhskaya 86	2015	20.0	21.9	16.0	14.4	11.4	8.9	47.4	45.2	2.4	2.4	50.2	52.3
	2016	16.0	17.6	13.4	12.5	10.0	7.0	39.4	37.1	3.0	3.3	57.6	60.0
	2017	13.4	14.5	7.6	7.5	7.6	5.7	28.6	27.7	1.8	1.7	69.6	71.8
	Среднее average	**16.5**	**18.0**	**12.3**	**11.5**	**9.6**	**7.2**	**38.8**	**36.6**	**2.4**	**2.5**	**59.1**	**61.4**
	$НСР_{0.05}$ $LSD_{0.05}$	3.0	3.2	2.1	2.0	2.0	1.5	3.8	3.2	0.8	0.5	4.5	4.7
Поволжская нива Povolzhskaya Niva	2015	18.0	19.3	10.4	9.6	8.2	6.0	36.6	34.9	2.0	1.8	61.4	63.3
	2016	16.4	17.9	12.2	11.6	9.6	6.7	38.2	36.2	1.8	1.7	60.0	62.0
	2017	9.6	11.0	8.4	7.9	5.8	5.0	23.8	23.9	0.8	0.7	75.4	75.4
	Среднее average	**14.6**	**16.0**	**10.3**	**9.7**	**7.9**	**5.9**	**32.8**	**31.7**	**1.5**	**1.4**	**65.6**	**66.9**
	$НСР_{0.05}$ $LSD_{0.05}$	2.5	2.7	2.0	1.4	1.3	1.6	3.5	3.0	0.7	0.5	4.2	4.5
Константиновская Konstantinovskaya	2015	21.4	24.6	19.6	19.0	14.0	8.0	55.0	51.6	4.0	4.0	41.0	44.6
	2016	20.0	22.3	20.0	18.6	12.0	7.9	52.0	48.8	3.4	3.5	44.6	47.5
	2017	19.6	21.2	12.0	10.6	12.0	8.1	43.6	39.9	2.6	1.8	56.4	58.2
	Среднее average	**20.3**	**22.7**	**17.2**	**16.1**	**12.6**	**8.0**	**50.1**	**46.8**	**3.3**	**3.1**	**47.3**	**50.1**
	$НСР_{0.05}$ $LSD_{0.05}$	3.4	2.8	2.1	2.0	1.5	1.4	4.5	4.0	0.9	0.7	3.6	4.0

* 1 – количество поврежденного зерна, 2 – массовая доля поврежденного зерна.

* 1 – the amount of damaged grain, 2 – the weight of the damaged grain.

пшеницы разновидности *erythrospermum* наибольшая поврежденность зерна трипсом отмечена у сорта Кинельская отрада, а наименьшая – у сорта Кинельская юбилейная.

В лесостепи Самарской области степень поврежденности зерна пшеничным трипсом была более высокой у озимых сортов пшеницы по сравнению с яровыми. Она уменьшалась во влажном и прохладном 2017 г., и возрастала в сухом и жарком 2015 г. Максимальная масса поврежденного трипсом зерна пшеницы достигала в 2015 г. когда она составляла у сортов озимой пшеницы 34.9–51.6%, а у яровой – 29.6–48.6%. При этом масса поврежденного трипсом зерна в 2017 г. не превышала 23.9–39.9% и 20.7–39.3% соответственно.

Пониженные температуры апреля в 2017 г. сдерживали появление трипсов на посевах. Взрослые особи трипсов были отмечены на озимой пшенице во второй и третьей декадах мая. Холодная погода влияла на жизнедеятельность и активность вредителя. В мае и июне отмечались обильные осадки, сумма которых превысила среднемноголетнюю величину в 3.5 раза. Метеорологические условия характеризовались пониженными температурными показателями, среднемесячная температура составила 16.5 °C, что на 2.2 °C ниже среднемноголетней. Данные погодные условия не способствовали активному питанию пшеничного трипса в посевах яровой пшеницы. Поврежденность зерна у озимой пшеницы уменьшилась соответственно до 30.5%, а у яровой – до 29.0%. Средняя масса слабо поврежденных трипсом зерен озимой пшеницы возрастала на 3.6–5.2%, яровой – на 4.0–5.0%, средне поврежденных уменьшалась соответственно на 7.9–13.2% и 3.8–6.0%, сильно поврежденных – на 25.4–39.9% и 10.0–35.4%. При слабом повреждении зерна пшеницы личинками трипса их средняя масса практически всегда больше массы неповрежденных зерен за счет ответной реакции растений. У средне и тем более сильно поврежденных зерен происходит снижение их массы.

Корреляционный анализ взаимосвязи между количеством поврежденных зерен пшеничным трипсом и температурой воздуха показал наличие сильной положительной корреляции между этими параметрами в течение трехлетнего периода исследований (2015–2017 гг.). Для сортов озимой пшеницы Поволжская 86, Поволжская Нива и Константиновская коэффициенты корреляции (r) составили 0.872, 0.999 и 0.945 соответственно, а для сортов яровой пшеницы Кинельская 59, Кинельская юбилейная и Кинельская отрада эти значения были 0.984, 0.881 и 0.717. Таким образом, выявленная положительная корреляция свидетельствует о том, что повышение температуры воздуха способствует увеличению числа поврежденных зерен пшеничным трипсом. Это может быть связано с ускорением жизненного цикла насекомого при более высоких температурах, что, в свою очередь, приводит к увеличению численности его популяций и, как следствие, усилению вредоносности. Так же был проведен анализ взаимосвязи

Таблица 5. Поврежденность зерна яровой мягкой пшеницы клопом-черепашкой и пшеничным трипсом в 2015─2017 гг.

Table 5. Damage to the grain of spring soft wheat by the Sunn pest and wheat thrips in 2015─2017

Сорт Variety	Год Year	Поврежденное зерно, % Damaged grain, %										Неповрежденное зерно, % Intact grain, %	
		Пшеничным трипсом Wheat thrips								Клопом-черепашкой Sunn pest			
		слабо weakly		средне medium		сильно strongly		итого total					
		1*	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Кинельская 59 Kinelskaya 59	2015	18.0	19.4	6.8	6.7	12.0	8.5	36.8	34.6	2.0	1.9	61.2	63.3
	2016	13.0	14.5	13.0	12.8	9.8	6.4	35.8	33.7	2.0	1.9	62.2	64.4
	2017	11.0	11.7	10.2	10.1	6.8	5.3	28.0	27.1	1.6	1.5	70.4	71.4
	Среднее average	**14.0**	**15.2**	**10.0**	**9.9**	**9.5**	**6.7**	**33.5**	**31.8**	**1.9**	**1.8**	**64.6**	**66.4**
	$НСР_{0.05}$ $LSD_{0.05}$	2.7	3.0	2.1	2.0	2.0	1.0	3.6	3.0	0.8	0.5	4.0	4.9
Кинельская юбилейная Kinelskaya Yubileynaya	2015	14.2	15.2	7.0	6.3	8.4	8.0	29.6	29.5	2.4	2.0	68.0	69.6
	2016	10.0	10.8	7.6	8.0	8.0	7.7	25.6	26.5	2.0	1.8	72.4	72.5
	2017	10.2	11.2	5.4	5.5	4.2	4.0	19.8	20.7	1.2	1.1	79.0	78.5
	Среднее average	**11.5**	**12.4**	**6.6**	**6.6**	**6.8**	**6.6**	**25.0**	**25.6**	**1.9**	**1.6**	**73.1**	**73.5**
	$НСР_{0.05}$ $LSD_{0.05}$	2.0	2.2	1.5	1.5	1.7	1.5	3.1	2.8	0.7	0.4	4.8	5.0
Кинельская отрада Kinelskaya Otrada	2015	20.0	22.3	16.6	16.9	13.4	9.4	50.0	48.6	4.2	4.0	45.8	47.3
	2016	20.2	21.6	12.0	12.3	12.0	8.0	44.2	41.9	3.2	3.1	52.6	54.9
	2017	18.2	19.4	12.8	12.7	10.2	7.2	41.1	39.3	2.2	2.1	56.6	58.3
	Среднее average	**19.5**	**21.1**	**13.8**	**14.0**	**11.8**	**8.2**	**45.0**	**43.3**	**3.2**	**3.1**	**52.0**	**53.5**
	$НСР_{0.05}$ $LSD_{0.05}$	3.1	3.5	2.4	2.2	2.0	1.8	4.1	4.0	1.0	1.0	4.8	4.9

* 1 – количество поврежденного зерна, 2 – массовая доля поврежденного зерна.

* 1 – the amount of damaged grain, 2 – the weight of the damaged grain.

между количеством зерен, поврежденных пшеничным трипсом, и объемом осадков. Результаты показали наличие сильной отрицательной корреляции между этими факторами. Для сортов озимой пшеницы Поволжская 86, Поволжская Нива и Константиновская коэффициенты корреляции составили −0.730, −0.977 и −0.841 соответственно, а для сортов яровой пшеницы Кинельская 59, Кинельская юбилейная и Кинельская отрада: −0.913, −0.743, −0.530. Эти данные свидетельствуют о том, что повышенная влажность, обусловленная обильными осадками, создает менее благоприятные условия для размножения и развития пшеничного трипса, что приводит к снижению степени повреждения пшеницы. Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод о значительном влиянии климатических факторов на степень вредоносности пшеничного трипса.

В период развития пшеницы, от молочной до полной спелости зерна, личинки и взрослые особи нового поколения клопов-черепашек извлекают питательные вещества из развивающихся и зрелых зерен. Это приводит к непосредственным потерям урожая озимой и яровой пшеницы, а также ухудшает качество зерна из-за разрушения клейковины протеолитическими ферментами, которые фитофаг вводит в зерно при питании (Капусткина, 2016; Радевич, 2016). В 2015–2017 гг. количество зерен, поврежденных клопом-черепашкой, у озимой пшеницы составляло 1.5–3.3 %, у яровой – 1.9–3.2 %. Массовая доля поврежденных зерен озимой пшеницы данным вредителем составляла 1.4–3.1 %, яровой пшеницы – 1.6–3.1 %.

Теплая сухая погода в 2015 г. в сочетании с хорошим состоянием посевов пшеницы, были особенно благоприятны для развития клопов-черепашек и способствовали увеличению их численности и вредоносности, когда максимальная поврежденность зерна достигала у озимой и яровой пшеницы 4.0 %. Низкие температуры воздуха в 2017 г. отрицательно сказались на развитии и интенсивности питания клопа-черепашки: поврежденность зерна озимой пшеницы уменьшилась до 1.4 %, а яровой пшеницы – до 1.6 %. За период исследования средняя массовая доля зерен озимой пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой, при этом уменьшалась на 6.7–9.0 %, а яровой пшеницы – на 8.5–9.0 %.

Наименьшее снижение массы и числа зерен, поврежденных клопом-черепашкой, выявлено у сорта озимой пшеницы Поволжская нива и у ярового сорта – Кинельская юбилейная.

В ходе корреляционного анализа, проведенного за период с 2015 по 2017 годы, была выявлена значительная положительная взаимосвязь между температурой воздуха и количеством зерен пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой. Для озимых сортов пшеницы Поволжская 86, Поволжская Нива и Константиновская были выявлены

следующие коэффициенты корреляции: r=0.900, r=0.973 и r=0.870 соответственно. Аналогичные показатели для сортов яровой пшеницы Кинельская 59, Кинельская юбилейная и Кинельская отрада составили: r=0.997, r=0.918 и r=0.826 соответственно. Эти результаты свидетельствуют о том, что повышение температуры воздуха является важным фактором, способствующим увеличению вредоносности клопа-черепашки. Биологические особенности данного вредителя, такие как усиление активности и репродуктивного потенциала при благоприятных температурных условиях, могут объяснить наблюдаемую зависимость. Кроме того, в ходе исследования была установлена высокая отрицательная корреляционная связь между количеством зерен, поврежденных клопом-черепашкой, и объемом выпавших осадков. Анализ показал, что для сортов озимой пшеницы Поволжская 86, Поволжская Нива и Константиновская коэффициенты корреляции (r) между этими показателями составляли, соответственно: −0.978, −0.891 и −0.727, а для сортов яровой пшеницы Кинельская 59, Кинельская юбилейная и Кинельская отрада: −0.950, −0.797 и −0.668 соответственно. Таким образом, увеличение количества осадков приводит к снижению поврежденности зерна клопом-черепашкой.

Обсуждение

Впервые, в течение трех лет в условиях лесостепи Самарской области оценена поврежденность зерна озимой и яровой мягкой пшеницы вредной черепашкой и пшеничным трипсом в зависимости от погодных условий и сорта пшеницы.

Сортовой состав пшеницы играет ключевую роль в формировании устойчивости к вредителям, что подтверждается многочисленными научными исследованиями. Селекция сортов с повышенной резистентностью к фитофагам, позволяет эффективно управлять вредоносностью насекомых и минимизирует экономические потери в сельскохозяйственном производстве (Шуровенков, Михайлова, 1988; Лихацкая, 2009; Топчий, 2014).

По итогам изучения, наибольшая масса зерен, поврежденных пшеничным трипсом и вредной черепашкой, достоверно наблюдалась у остистого сорта озимой пшеницы Константиновская, разновидности *erythrospermum*, с неопушенным рыхлым колосом, а минимальная – у сорта Поволжская Нива, разновидности *velutinum* с опушенным колосом средней плотности с остевыми отростками. У яровой пшеницы, разновидности *erythrospermum*, наибольшая устойчивость к этим вредителям выявлена у нового сорта Кинельская юбилейная, а наименьшая – у сорта Кинельская отрада. Интенсивность повреждения зерна пшеницы фитофагами в значительной мере определяется анатомическими и морфологическими особенностями строения различных структур и тканей колоса. Сорта пшеницы, у которых колос имеет опушение и ости, а зёрна окружены толстыми и широкими колосковыми и цветковыми чешуйками, менее подвержены влиянию вредителей. Однако ряд ученых придерживаются мнения, что сорта пшеницы, характеризующиеся наличием остей, опушением и красным зерном, более повреждаются клопом-черепашкой, чем гладкие безостые сорта с зерном белого цвета (Бурлака, Каплин, 2015; Ghanbari et al., 2022; Kapustkina, Frolov, 2022). По нашим наблюдениям сорта озимой пшеницы с плотным колосом, относящиеся к разновидности *lutescens, velutinum*, демонстрируют большую устойчивость к повреждению клопом-черепашкой. В результате анализа морфологической структуры колоса на степень повреждения зерна пшеничным трипсом было отмечено, что опушенность колосовых чешуй, вероятно, создает физический барьер, препятствующий проникновению вредителя к зерну. Высокая плотность колоса дополнительно затрудняет передвижение трипса и ограничивает его репродуктивные возможности.

В данных исследованиях оптимальные условия для развития пшеничного трипса достоверно складываются в посевах озимой пшеницы по сравнению с яровой пшеницей, где массовая доля поврежденного им зерна составляет в среднем соответственно 31.7–46.8 % и 25.6–43.3 %. Наши результаты хорошо согласуются с установленными ранее наблюдениями Л.Н. Жичкиной (2000), охватывающими различные климатические условия Самарской области, было установлено, что в экстремально засушливом году уровень повреждений зерна пшеничным трипсом составил 81.1 % у озимой пшеницы и 51.7 % у яровой. В менее засушливом году эти показатели были соответственно 64.2 % и 48.2 %.

В наших исследованиях массовая доля зерен, поврежденных клопом-черепашкой, значительно ниже в посевах озимой пшеницы в среднем 1.4–3.1 %, яровой – 1.6–3.1 %. Таким образом, можно отметить, что вредоносность пшеничного трипса выше в посевах озимой пшеницы, а клопа-черепашки – в посевах яровой. Вероятно, это связано с тем, что озимая пшеница, развивающаяся осенью и весной, становится более уязвимой для пшеничного трипса в период налива зерна, когда этот вредитель наиболее активен. В то же время, яровая пшеница, созревающая в более поздние сроки, подвергается повышенному риску поражения клопом-черепашкой, пик, активности которого приходится на летние месяцы.

Многие ученые отмечают, что степень вредоносности пшеничного трипса и вредной черепашки также существенно варьируется в зависимости от метеорологических условий конкретного года и региона возделывания культуры (Алехин, 2002; Трибель и др., 2016).

В наших исследованиях сухая и жаркая погода в 2015 г. создала близкие к оптимальным условиям для жизнедеятельности клопа-черепашки и пшеничного трипса, а низкие температуры и обильные осадки 2017 г. не способствовали активности вредителей. Массовая доля поврежденных зерен озимой и яровой пшеницы пшеничным трипсом в 2015 г. составляла, соответственно 34.9–51.6 % и 29.5–48.6 %, а клопом-черепашкой – 1.8–4.0 % и 1.9–4.0 %. В 2017 г. массовая доля поврежденных зерен озимой и яровой пшеницы пшеничным трипсом составляла соответственно 23.9–39.9 % и 20.7–39.3 %, а клопом-черепашкой – 0.7–1.8 % и 1.1–2.1 %. Полученные данные указывают, что в засушливые периоды фитофаги проявляют повышенную активность, а растения утрачивают свою устойчивость к повреждениям и дефициту влаги. Это приводит к уменьшению массы и ухудшению качества

зерновок, что представляет серьезную угрозу для селекционно-семеноводческого процесса. Кроме того, текущие данные согласуются с выводами, опубликованными ранее другими исследователями (Шумаков, Виноградова, 1958; Алехин, 2002; Жичкина, 2013; Иванцова, 2013; Емельянов и др., 2019; Abdillayev, Bababekov, 2023; Каррум, Гриценко, 2023).

Заключение

В ходе исследований, проведённых в лесостепной зоне Самарской области, установлено, что поврежденность зерна озимой и яровой мягкой пшеницы в весенне-летний период вредной черепашкой и пшеничным трипсом в значительной мере зависит от погодных условий и сорта пшеницы. Температурные колебания и изменчивость уровня осадков в весенне-летний период оказывали значительное влияние на развитие фитофагов. Пониженные температуры и избыточное количество осадков были неблагоприятны для этих вредителей в посевах озимой и яровой пшеницы. Напротив, повышенные температуры и дефицит влаги способствовали активизации и размножению вредителей, усиливая их вредоносность. Вредоносность пшеничного трипса достоверно выше в посевах озимой пшеницы, а клопа-черепашки – в посевах яровой, где для них складывались благоприятные условия. В наименьшей степени повреждались фитофагами новые сорта: озимой пшеницы – Поволжская нива и яровой пшеницы – Кинельская юбилейная. Выделенные сорта могут быть рекомендованы для использования в селекции на иммунитет. Наиболее высокая вредоносность пшеничного трипса и клопа-черепашки отмечена на остистом сорте озимой пшеницы Константиновская.

Библиографический список (References)

Алехин ВТ (2002) Вредная черепашка. *Защита и карантин растений*. 28 с.

Багай ДА, Лысенко НН (2016) Сосущие насекомые на зерновых колосовых культурах в Орловской области. *Вестник Орловского государственного аграрного университета* (2):8–15

Бурлака ГА, Каплин ВГ (2015) Биоэкологическое обоснование защиты зерновых злаков от хлебных клопов (надсемейства Pentatomoidea) в лесостепи Среднего Поволжья. *Монография. Кинель: ФГБОУ ВО Самарская ГСХА*. 145 с.

Вилкова НА, Капусткина АВ, Конарёв АВ, Фролов АН (2018) Проблемы диагностики повреждённости зерна пшеницы хлебными клопами. *Защита и карантин растений* (9):3–8

ГОСТ 33538-2015 Защита растений. Методы выявления и учета поврежденных зерен злаковых культур клопами-черепашками (2018) Москва: Стандартинформ

Емельянов НА, Еськов ИД, Критская ЕЕ, Лобачев ЮВ (2019) Вредоносность имаго и личинок пшеничного трипса (*Haplothrips tritici* Kurd.*),* теоретическое обоснование и практическая реализация методики ее определения. *Аграрный научный журнал* (5):17–24. https://doi.org/10.28983/asj.y2019i5pp17-24

Жичкина ЛН (2013) Влияние рельефа местности на вредоносность пшеничного трипса в лесостепи. *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии* (4):33–37

Жичкина ЛН (2000) Биология и экология пшеничного трипса (*Haplothrips tritici* Kurd.) в агроценозах лесостепи Самарской области. *Автореф. дисс. ... к. б. н.* Кинель. 15 с.

Иванченко ТВ (2010) Предотвращение потерь урожая от сорняков, вредителей и болезней растений – большой резерв увеличения продукции растениеводства. *Научно-агрономический журнал* (1):28–30

Иванцова ЕА (2013) Биоэкология клопа вредная черепашка (*Eurygaster integriceps* Put.) в условиях Нижнего Поволжья. *Вестник Волгоградского государственного университета* 2 (6): 45–52

Каплин ВГ, Леонтьева ГВ, Макеева АМ, Кошелева АБ (2000) Учебная практика по защите растений. *Учебно-методическое пособие*. 142 с.

Капусткина АВ (2016) Топическая специфичность хлебных клопов и повреждённость зерна разных сортов пшеницы. *Вестник защиты растений* 4(90):50–56

Капусткина АВ (2023) Оценка устойчивости зерна различных видов пшеницы к повреждениям клопов рода *Eurygaster* L. (Heteroptera, Scutelleridae). *Зерновое хозяйство России* 15(4):102–108. https://doi.org/10.31367/2079- 8725-2023-87-4-102-108

Каррум Р, Гриценко ВВ (2023) Видовой состав трипсов (Insecta: Thysanoptera) на селекционных посевах яровой пшеницы в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии* (1):57–65. http://www.doi.org/10.26897/0021-342X-2023-1-57-65

Конарев АВ, Долгих ВВ, Сендерский ИВ, Нефедова ЛИ и др. (2014) Свойства нативных и рекомбинантных протеиназ слюнных желез клопа вредная черепашка (*Eurygaster integriceps* Put.), гидролизующих клейковину пшеницы. *Вестник защиты растений* 2:3–16

Конарев АВ (2020) Пищеварительные гидролазы хлебных клопов: свойства, значение и возможные пути ограничения их активности. *Вестник защиты растений* 2:65–86

Лихацкая СГ (2009) Экология пшеничных трипсов и устойчивость к ним яровой пшеницы в Поволжье. *Автореф. дисс. ... к. с.-х. н.* Саратов. 21 с.

Масляков СА (2015) Эколого-экономическое обоснование защиты яровой пшеницы от пшеничного трипса (*Haplothrips tritici* Kurd) в Поволжье. *Автореф. дисс. ... к. с.-х. н.* Саратов. 23 с.

Мухитов ЛА, Тимошенкова ТА (2023) Оценка селекционного материала *Triticum aestivum* на устойчивость к вредным насекомым в степной зоне Оренбургской области. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета* 6(104):22–26

Нейморовец ВВ (2019) Распространение видов рода *Eurygaster* (Heteroptera: Scutelleridae) на территории России. *Вестник защиты растений* 4(102):36–48. http://www.doi.org/10.31993/2308-6459-2019-4-102-36-48

Павлюшин ВА, Вилкова НА, Сухорученко ГИ, Нефедова ЛИ, Капусткина АВ (2015) Вредная черепашка и другие хлебные клопы. *Вестник защиты растений.* 280 с.

Радевич ЕВ (2016) Влияние клопа вредная черепашка на качество урожая озимой пшеницы. *Фермер Поволжья* 6(48):36–40

Танский ВИ (1988) Биологические основы вредоносности насекомых. М.: Агропромиздат. 182 с.

Танский ВИ, Великань ВС, Фролов АН (2006) Пшеничный трипс – *Haplothrips tritici* Kurd. (Thysanoptera, Phlaeothripidae), его ареал и зоны вредоносности. *Вестник защиты растений* 2:59–62

Тимошенкова ТА (2024) Распространение и вредоносность клопа вредная черепашка в посевах конкурсного испытания яровой твёрдой пшеницы в условиях степи Оренбургской области. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета* 5(109):52–57

Топчий ТВ (2014) Устойчивость сортов озимой пшеницы к пшеничному трипсу. *Защита и карантин растений* 7:19–21

Трибель СА, Стригун АА, Судденко ЮН (2016) Пшеничний трипс (*Haplothrips tritici* Kurd.) и устойчивость пшеницы озимой к данному фитофагу. *Защита растений* 40:287–297

Фролов АН (2019) Закономерности динамики численности вредителей и фитосанитарный прогноз. Вестник защиты растений 3(101):4–33

Шумаков ЕМ, Виноградова НМ (1958) Экология вредной черепашки. *Труды Всероссийского института защиты растений 9*:9–71

Шуровенков ЮБ (1971) Пшеничный трипс в Зауралье и меры борьбы с ним. М.: Колос. 89 с.

Шуровенков ЮБ, Михайлова НА (1988) Устойчивые сорта важное звено в борьбе с черепашкой. *Защита растений* 3:17–18

Abdillayev M, Bababekov Q (2023) Wheat thrips (*Haplothrips tritici* Kurd.) damage on grain crops in Uzbekistan. *E3S Web of Conferences: International Conference on Sustainable Management of Earth Resources and Biodiversity* 421:1–6. http://doi.org/10.1051/e3sconf/202342104001

Ghanbari S, Pourabad RF, Ashouri S (2022) Influence of wheat cultivars on digestive enzyme activity and protein content of the Sunn pest, *Eurygaster integriceps* (Hem.: Scutelleridae). *J Crop Prot* 11 (1): 107–119

Dizlek H (2018) A biochemical factor that significantly disrupt the wheat quality: insect enzyme salivary. In: 2nd International Congress on Advances in Bioscience and Biotechnology (ICABB), Podgorica, Montenegro. Book of Proceedings 33–35

Kapustkina AV, Frolov AN (2022) Wheat Grain Damage by *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera, Scutelleridae): Diagnostics and Detection Methods. *Entomological Review* 102(1):1–13. https://doi.org/10.1134/S0013873822010043

Neimorovets V (2020) Review of the genus *Eurygaster* (Hemiptera: Heteroptera: Scutelleridae) of Russia. *Zootaxa* 4722(6):501–539. https://doi.org/10.11646/zootaxa.4722.6.1

Uzun YA, Demirözer O (2022) Population fluctuations of *Haplothrips tritici* (Thysanoptera: Phlaeothripidae) in wheat and barley fields in Isparta, Turkey. *Trakya Univ J Nat Sci* 23(1):65–69. http://www.doi.org/10.23902/trkjnat.1008271

Translation of Russian References

Alyokhin VT (2002) [A sunn pest] *Zashchita i karantin rastenii*. 28 p. (in Russian)

Bagay DA, Lysenko NN (2016) [Sucking insects on cereal crops in the Oryol region] *Bulletin of the Oryol State Agrarian University* (2):8–15 (in Russian)

Burlaka GA, Kaplin VG (2015) [Bioecological justification for the protection of cereals from bread bugs (superfamily Pentatomoidea) in the forest-steppe of the Middle Volga region] *the monograph. Kinel: Samara State Agricultural Academy.* 145 p. (in Russian)

Vilkova NA, Kapustkina AV, Konarev AV, Frolov AN (2018) [Problems of diagnosing wheat grain damage by bread bugs] *Plant protection and quarantine* (9):3–8 (in Russian)

GOST 33538-2015 Plant protection. Methods for detecting and accounting for damaged cereal grains by bug turtles (2018) Moscow: Standartinformrotection (in Russian)

Yemelyanov NA, Eskov ID, Kritskaya EE (2019) [Harmfulness of imago and larvae of wheat thrips (*Haplothrips triti* Kurd.), theoretical justification and practical implementation of the methodology for its determination] *Agricultural Scientific Journal* 5:17–24. https://doi.org/10.28983/asj.y2019i5pp17-24 (in Russian)

Zhichkina LN (2013) [The influence of terrain on the harmfulness of wheat thrips in the forest-steppe] *Proceedings of the Samara State Agricultural Academy* (4):33–37 (in Russian)

Zhichkina LN (2000) [Biology and ecology of wheat thrips (Haplothrips tritici Kurd.) in agrocenoses of the forest-steppe of the Samara region] *The abstract. Dissertation of the Candidate of Biological Science*.Kinel. 15 p. (in Russian)

Ivanchenko TV (2010) [Prevention of crop losses from weeds, pests and plant diseases is a great reserve for increasing crop production] *Scientific and Agronomic Journal* (1):28–30 (in Russian)

Ivantsova EA (2013) Bioecology of the harmful sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) in the conditions of the Lower Volga region. *Bulletin of Volgograd State University* 2 (6):45–52 (in Russian)

Kaplin VG, Leontieva GV, Makeeva AM, Kosheleva AB (2000) [Educational practice in plant protection] *Educational and methodological manual.* 142 p. (in Russian)

Kapustkina AB (2016) [Topical specificity of bread bugs and grain damage of different wheat varieties] *Plant Protection News* 4(90):50–56 (in Russian)

Kapustkina AB (2023) [Assessment of grain resistance of various wheat species to damage by bugs of the genus *Eurygaster* L. (Heteroptera, Scutelleridae)] *Grain industry of Russia* 15(4):102–108 (in Russian) https://doi.org/10.31367/2079 - 8725-2023-87-4-102-108

Karrum R, Gritsenko BB (2023) [Species composition of thrips (Insecta: Thysanoptera) on breeding crops of spring wheat in the Russian State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev] *Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy* (1):57–65 (in Russian) http://www.doi.org/10.26897/0021-342X-2023-1-57-65

Konarev AV, Dolgikh BB, Sendersky IV, Nefedova LI et al. (2014) [Properties of native and recombinant proteinases of the salivary glands of the harmful sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.*),* hydrolyzing wheat gluten] *Plant Protection News* 2:3–16 (in Russian)

Konarev AV (2020) [Digestive hydrolases of bread bugs: properties, significance, and possible ways to limit their activity] *Plant Protection News* 2:65–86(in Russian)

Likhatskaya SG (2009) [Ecology of wheat thrips and spring wheat resistance in the Volga region] Abstr. PhD Thesis. Saratov. 21 p. (in Russian)

Lomovskaya O.I. (1985) [The effect of damage by the sunn pest on the quality of wheat grain] *Breeding and seed production of field crops in the Middle Volga region*. Kuibyshev. 23–29

Maslyakov SA (2015) [Ecological and economic justification for the protection of spring wheat from wheat thrips (*Haplothrips tritici* Kurd) in the Volga region] Abstr. PhD Thesis. Saratov. 23 p. (in Russian)

Mukhitov LA, Timoshenkova TA (2023) [Evaluation of *Triticum aestivum* breeding material for resistance to harmful insects in the steppe zone of the Orenburg region] *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University* 6(104):22–26 (in Russian)

Neymorovec VV (2019) [Distribution of species of the genus Eurygaster (Heteroptera: Scutelleridae) in Russia] *Plant Protection* News 4(102):36–48. http://www.doi.org/10.31993/2308-6459-2019-4-102-36-48 (in Russian)

Neimorovets V (2020) [Review of the genus *Eurygaster* (Hemiptera: Heteroptera: Scutelleridae) of Russia] *Zootaxa* 4722(6):501–539 (in Engl.) https://doi.org/10.11646/zootaxa.4722.6.1

Pavlushin VA, Vilkova NA, Sukhoruchenko GI, Nefedova LI, Kapustkina AV (2015) [Sunn pest and other grain bugs] *Plant Protection* News. 280 p. (in Russian)

Radevich EV (2016) [The influence of the bad sunn pest on the quality of winter wheat harvest] *Farmer of the Volga region* 6 (48):36–40 (in Russian)

Tansky VI (1988) [Biological bases of insect harmfulness] Moscow: Agropromizdat. 182 p. (in Russian)

Tansky VI, Velikan VS, Frolov AN (2006) [Wheat thrips – *Haplothrips tritici* Kurd. (Thysanoptera, Phlaeothripidae), its range and harm zones] *Plant Protection News* 2:59–62 (in Russian)

Timoshenkova TA (2024) [The spread and harmfulness of the harmful sunn pest in crops of competitive testing of spring durum wheat in the steppe of the Orenburg region] *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University* 5(109):52–57 (in Russian)

Topchiy TV (2014) [Resistance of winter wheat varieties to wheat thrips] *Plant Protection and Quarantine* 7:19–21 (in Russian)

Tribel SA, Strigun AA, Suddenko YuN (2016) [Wheat thrips (Haplothrips tritici Kurd.) and winter wheat resistance to this phytophage] *Plant Protection* 40:287–297 (in Russian)

Frolov AN (2019) [Patterns of pest population dynamics and phytosanitary forecast] *Plant Protection News* 3(101):4–33 (in Russian)

Shumakov EM, Vinogradova NM (1958) [Ecology of the harmful sunn pest] *Proceedings of the All-Russian Plant Protection Institute* 9:9–71 (in Russian)

Shurovenkov YB (1971) [Wheat thrips in the Trans-Urals and measures to combat it] Moscow: Kolos. 89 p. (in Russian)

Shurovenkov YB, Mikhailova NA (1988) [Resistant varieties are an important link in the fight against the turtle bug] *Plant Protection* 3:17–18 (in Russian)

Kapustkina AV, Frolov AN (2022) [Wheat Grain Damage by *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera, Scutelleridae): Diagnostics and Detection Methods] *Entomological Review* 102(1):1–13 (in Engl.) https://doi.org/10.1134/S0013873822010043

Plant Protection News, 2025, 108(2), p. 98–106

OECD+WoS: 1.06+IY (Entomology) https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-2-16883

Full-text article

DAMAGE TO WINTER AND SPRING SOFT WHEAT GRAINS BY THE SUNN PEST *EURYGASTER INTEGRICEPS* AND THE WHEAT THRIPS *HAPLOTHRIPS TRITICI* IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE LOWER VOLGA REGION

E.A.Vikhrova*

Samara Federal Research Scientific Center RAS,
Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P. N. Konstantinov, Samara, Russia

**corresponding author, e-mail: vixrova.lena@mail.ru*

The work aimed at determination of winter and spring soft wheat grain damage by the Sunn pest and wheat thrips in the forest-steppe of Samara Province, depending on weather conditions and wheat variety. The wheat varieties – Povolzhskaya 86, Povolzhskaya niva, Konstantinovskaya (winter); Kinelskaya 59, Kinelskaya otrada and Kinelskaya yubileynaya (spring), were examined in 2015–2017 at the Volga Research Institute. Temperature fluctuations and changes in precipitation in the spring and summer had a significant impact on the development of phytophagous insects. Low temperatures and excessive precipitation served as unfavorable factors for these pests in winter and spring wheat crops. At the same time, an increase in temperature and a lack of moisture contributed to the activation of pests, increasing their harmfulness. The greatest decrease in the mass and number of grains damaged by the Sunn pest and larvae of the wheat thrips was observed in the dry and hot year of 2015 in the winter wheat variety Konstantinovskaya; the least – in the wet and cool year of 2017 in the variety Povolzhskaya Niva, spring wheat – in the varieties Kinelskaya Otrada and Kinelskaya Yubileynaya. Over the years of research, new varieties of winter wheat, such as Povolzhskaya Niva, and spring wheat, such as Kinelskaya Yubileynaya, have been affected by phytophagous insects to a lesser extent. These varieties can be recommended for use in immunity breeding.

Keywords: number and mass of grains, weather conditions, varieties, harmfulness, statistical data processing

Submitted: 05.03.2025 *Accepted: 20.07.2025*

©Vikhrova E.A., published by All-Russian Institute of Plant Protection (St. Petersburg).
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

OECD+WoS: 1.06+RQ (Mycology); 1.06+QU (Microbiology) https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-2-17138

Краткое сообщение

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ МУЛЬТИПЛЕКСНОЙ ПЦР ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТРЁХ ВИДОВ ГРИБОВ РОДА *PARASTAGONOSPORA*, РАСПРОСТРАНЕННЫХ В РОССИИ

И.А. Казарцев*, Ю.В. Зеленева

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

**ответственный за переписку, e-mail: ikazartsev@vizr.spb.ru*

Разработана и валидирована мультиплексная ПЦР-система для специфической диагностики трех патогенов злаковых культур рода *Parastagonospora*, распространенных на территории России: *P. nodorum*, *P. avenae* и *P. pseudonodorum*. В качестве мишени выбран участок гена *YPEL* (*Yippee-like protein*), обладающий достаточным уровнем межвидового полиморфизма для конструирования высокоспецифичных праймеров. Специфичность праймеров подтверждена *in silico*, а также *in vitro* на коллекции референсных изолятов. Разработанные праймеры эффективно работают в мультиплексном формате, обеспечивая селективную детекцию каждого вида. Продемонстрирована высокая чувствительность системы — уверенная детекция достигается при концентрации геномной ДНК в реакционной смеси от 1 пг. Данный набор может быть использован для фитосанитарного мониторинга и исследований в области эпидемиологии септориозов злаковых культур.

Ключевые слова: молекулярная диагностика, пшеница, септориоз, *Parastagonospora nodorum*, *Parastagonospora pseudonodorum*, *Parastagonospora avenae*

Поступила в редакцию: 16.06.2025 *Принята к печати: 25.07.2025*

Введение

Среди возбудителей септориозов злаков особое положение занимает род *Parastagonospora* (Ascomycota, Dothideomycetes, Pleosporales), включающий ряд патогенных видов, поражающих пшеницу, овес и другие злаки (Quaedvlieg et al., 2013). Основной ущерб от этих грибов связан с поражением листьев и колоса, что приводит к снижению фотосинтетической активности растений и ухудшению качества зерна, что в тяжелых случаях может приводить к преждевременному засыханию растений и снижению урожайности (Oliver et al., 2012; Quaedvlieg et al., 2013; An Overview of Stagonospora..., 2020). Заболевания, вызываемые грибами рода *Parastagonospora*, широко распространены в регионах с умеренным и влажным климатом. В последние годы наблюдается увеличение заболеваемости, связанное с изменениями погодных условий и повышенной адаптацией патогенов к фунгицидам (Bhathal and Loughman, 2003; Croll et al., 2021; Kaur et al., 2021; FRAC, 2024).

До 2013 года представителей рода *Parastagonospora* относили к различным родам таким как *Leptosphaeria*, *Phaeosphaeria*, *Septoria* или *Stagonospora*, что было обусловлено сходством некоторых морфологических признаков (размеры и форма конидий, тип плодовых тел) при отсутствии надежных молекулярных критериев разграничения. Новые данные, полученные с применением молекулярно-генетических методов, показали, что эти таксоны являются полифилетическими, что послужило основанием для выделения некоторых их представителей в самостоятельный род *Parastagonospora* (Quaedvlieg et al., 2013). В настоящее время в роде насчитывается порядка 29 видов, большинство из которых не имеют существенного хозяйственного значения (Gao et al., 2024). Наиболее значимый представитель рода — *Parastagonospora nodorum* (syn. *Phaeosphaeria nodorum*, *Stagonospora nodorum*), вызывающий поражение листьев, колосьев и семян, что приводит к снижению урожайности и качества зерна (Solomon et al., 2006; McDonald et al., 2012). *P. nodorum* поражает пшеницу, овес, ячмень, тритикале и другие культурные и дикие злаки. Среди других видов, ассоциированных со злаковыми культурами, выделяют *Parastagonospora avenae* (syn. *Phaeosphaeria avenaria, Leptosphaeria avenaria*), патоген овса, а также *Parastagonospora pseudonodorum*, встречающийся на пшенице, ранее рассматривавшийся в составе группы *Phaeosphaeria avenaria* f. sp. *tritici* (Pat), но впоследствии выделенный в самостоятельный вид (Quaedvlieg et al., 2013, McDonald et al., 2012; Croll et al., 2021).

На территории России присутствие всех трех вышеуказанных видов, два из которых (*P. nodorum* и *P. pseudonodorum*) поражают пшеницу, подтверждено молекулярными и культурально-морфологическими исследованиями (Зеленева и др., 2022; Зеленева и др., 2023; Zeleneva et al., 2024). Однако, как было отмечено ранее, классические подходы чаще всего не позволяют достоверно проводить диагностику некоторых видов: морфологическая идентификация затруднена из-за перекрывающихся признаков, таких как размеры конидий и характер спороношения. Точная видовая идентификация может быть полезной при планировании защитных мероприятий, фитосанитарном мониторинге и прогнозе, а также оценке резистентности изолятов к фунгицидам. Для рутинной видовой диагностики, требующей экономии времени и ресурсов, могут подойти низкобюджетные конвенционные молекулярно-генетические подходы, например, мультиплексная ПЦР с видоспецифичными праймерами. В настоящей работе предпринята попытка создания диагностического набора для мультиплексной ПЦР-идентификации

© Казарцев И.А., Зеленева Ю.В. Статья открытого доступа, публикуемая Всероссийским институтом защиты растений (Санкт-Петербург) и распространяемая на условиях Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

P. avenae, *P. nodorum* и *P. pseudonodorum* с использованием в качестве мишени гена *YPEL* (*Yippee-like protein*), характеризующегося необходимым межвидовым полиморфизмом.

Материалы и методы

Тестирование проводили на культурах трёх целевых видов рода *Parastagonospora*: *P. nodorum*, выделенного с яровой и озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum*) из Ленинградской области, Алтайского и Краснодарского края; *P. pseudonodorum*, выделенного с яровой и озимой мягкой пшеницы и озимой тритикале (×*Triticosecale*) из Ленинградской области и Краснодарского края; *P. avenae*, выделенного с ярового овса (*Avena sativa*) из Тамбовской области. Идентификация изолятов этих видов осуществлялась по морфологическим признакам с использованием световой микроскопии (Коломиец и др., 2017), а также на основании результатов секвенирования внутреннего транскрибируемого спейсера (ITS), фрагмента гена ß-tubulin (*tub2*), фрагмента гена ß-xylosidase, проведенного ранее и описанного в наших предыдущих работах по проблемам септориозов (Зеленева и др., 2023; Zeleneva, 2024). Также для оценки неспецифической кросс-реакции праймеров использовался контрольный набор изолятов, включавший по два изолята каждого из таксонов, таких как *Alternaria, Fusarium*, *Phoma* и *Septoria tritici*, ранее идентифицированных на основании секвенирования ITS (Коротков и др., 2025; Zeleneva, 2024).

Все культуры были представлены моноконидиальными изолятами, выращенными на картофельно-глюкозном агаре (КГА) при температуре 22 °C в условиях 12-часового фотопериода. Геномную ДНК выделяли из 14-дневных культур по модифицированному протоколу с CTAB (Doyle & Doyle, 1990). Концентрация выделенной ДНК оценивалась с использованием флуориметра Qubit 2.0 (Thermo Fisher Scientific) с применением набора QuDye® dsDNA HS Assay Kit (Lumiprobe).

В качестве мишени для видоспецифической ПЦР выбран ядерный ген *YPEL* (*Yippee-like protein*), кодирующий белок с предполагаемой функцией в регуляции митотического клеточного цикла эукариот (Roxström-Lindquist, Faye, 2001). Для дизайна праймеров использовались доступные полногеномные сборки изолятов *P. nodorum* (SN15, SNOV92X_D1.3, SWE-3, C1.2a, B2.1b, 201FG211, BRSn9870, Sn_Cp2052, FIN-2, IR10_9.1a, OH03_Sn-1501, SnSA95.103, Sn79), *P. pseudonodorum* (Jansen_4_55, Hartney99, IR10_5.2b, 18332-5), *P. avenae* (s258, Mt._Baker), *Parastagonospora bromicola* (82-4841, 83-6011-2), *Parastagonospora dactylidigena* (SN11IR_2_1.1), *Parastagonospora golestanensis* (SN11IR_6_1.1), *Parastagonospora jasniorum* (H6.2b) из ранее опубликованных исследований McDonald et al. (2012), Syme et al. (2018) и Croll et al. (2021) Предварительный анализ нуклеотидных последовательностей данного гена показал наличие видоспецифичных полиморфизмов у целевых видов *Parastagonospora*.

Праймеры проектировались с использованием сервиса Primer3 (v. 2.3.7, https://primer3.ut.ee/) со стандартными параметрами настроек. Оценка параметров потенциальных последовательностей праймеров проводилась с использованием NCBI Primer-BLAST. В итоге для дальнейшей работы были выбраны три прямых праймера: YPEL_Pa – специфичный *P. avenae,* YPEL_Pn – *P. nodorum,* YPEL_Pp – *P. pseudonodorum.* В качестве общего для всех прямых праймеров был использован обратный праймер YPEL_Par (табл. 1).

Таблица 1. Праймеры, разработанные на основе гена *YPEL*, для идентификации трех видов рода *Parastagonospora*

Table 1. Primers targeting the *YPEL* gene for identification of three *Parastagonospora* species

Название / name	Последовательность (5'→3') / Sequence (5'→3')	Направление / Direction	Специфичность/ Specificity
YPEL_Pa	ACATCCTGCATCGATTCCCT	*прямой / forward*	*Parastagonospora avenae*
YPEL_Pn	CTCCCCTCTCCCTTGACAA	*прямой / forward*	*Parastagonospora nodorum*
YPEL_Pp	TCAAGGCAATCAAGACGTCTA	*прямой / forward*	*Parastagonospora pseudonodorum*
YPEL_Par	TGCCCTCCTTGTACTTCTCG	*обратный / reverse*	*Parastagonospora* sp.

Стандартная реакционная смесь с двумя праймерами для амплификации геномной ДНК финальным объемом 25 мкл содержала: 2.5 мкл 10× ПЦР-буфер (Биолабмикс), 0.5 мкл смеси dNTP (10 мМ), 0.5 мкл прямого праймера (25 мкМ), 0.5 мкл обратного праймера (25 мкМ), 0.15 мкл Taq ДНК-полимеразы (5 ед/мкл, Диалат), 1 мкл геномной ДНК и diH_2O до конечного объема. Объем diH_2O в реакционной смеси для мультиплексной ПЦР с использованием трех прямых праймеров уменьшался пропорционально их суммарному объему, объем вносимого обратного праймера не менялся. Условия амплификации: преддeнатурация (95 °C – 3 мин); 35 циклов: денатурация (95 °C – 30 сек), отжиг (60 °C – 30 сек), элонгация (72 °C – 40 сек); финальная элонгация (72 °C – 5 мин).

Амплифицированные фрагменты разделяли в 1% агарозном геле, окрашенном бромистым этидием (0.5 мкг/мл), в 1× TBE-буфере (pH 8.2) при 90 В, 60 минут. Для оценки длины фрагментов использовали молекулярный маркер Step100 plus (Biolabmix). Визуализацию ампликонов проводили на трансиллюминаторе в УФ.

Для оценки чувствительности ПЦР использовалась серия из восьми 10-кратных разведений ДНК (от 1 нг/мкл до 0.1 фг/мкл). В ПЦР добавляли по 1 мкл одного из разведений, получая финальный объём реакционной смеси 25 мкл. Лимит обнаружения определяли, как минимальную концентрацию, при которой сохранялся стабильный амплификационный сигнал.

Вся работа проводилась с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Инновационные технологии защиты растений» ФГБНУ ВИЗР.

Результаты и обсуждение

Анализ последовательностей гена *YPEL*, полученных из 24 геномных сборок изолятов *Parastagonospora* spp. из Европы, Ближнего востока, Северной и Южной Америки, Австралии и Африки, выявил устойчивые межвидовые нуклеотидные различия, которые могут быть использованы для разработки праймеров. Финальные прямые праймеры (YPEL_Pa, YPEL_Pn, YPEL_Pp), расположенные в вариабельных областях, в сочетании с общим обратным праймером YPEL_Par, который находится в консервативном участке, обеспечили амплификацию фрагментов различной длины. Попарное использование прямых и обратного праймеров позволило прогнозировать дискретные ампликоны следующих длин для соответствующих видов: *P. avenae* (YPEL_Pa/YPEL_Par) – 373 п.н., *P. nodorum* (YPEL_Pn/YPEL_Par) – 594 п.н., *P. pseudonodorum* (YPEL_Pp/YPEL_Par) – 759 п.н. (рис. 1). Указанные пары продемонстрировали высокую специфичность при анализе *in silico* в сервисе Primer-BLAST (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast/), не проявляя комплиментарность с последовательностями других видов *Parastagonospora* или грибов из других родов.

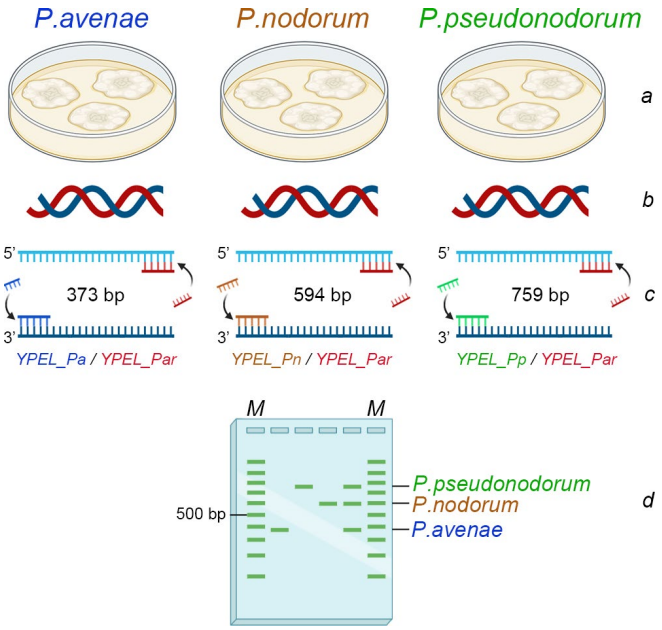


Рисунок 1. Дизайн мультиплексного ПЦР с комбинациями праймеров YPEL_Pa/YPEL_Par, YPEL_Pn/YPEL_Par, YPEL_Pp/YPEL_Par, специфичными соответственно *Parastagonospora avenae*, *P. nodorum*, *P. pseudonodorum*: *a* – выделение грибов на питательные среды, *b* – выделение геномной ДНК грибов, *c* – ПЦР со специфичными праймерами (указаны ожидаемые длины фрагментов), *d* – визуализация результатов ПЦР методом агарозного гель-электрофореза. Условные обозначения: M – маркер длин ДНК

Figure 1. Design of multiplex PCR with primer combinations YPEL_Pa/YPEL_Par, YPEL_Pn/YPEL_Par, YPEL_Pp/YPEL_Par specific to *Parastagonospora avenae*, *P. nodorum*, *P. pseudonodorum* respectively: *a* – fungal isolation on culture media, *b* – genomic DNA extraction from fungi, *c* – PCR with species-specific primers (expected fragment lengths indicated), *d* – visualization of PCR results by agarose gel electrophoresis. Legend: M – DNA size marker

При тестировании *in vitro* пар YPEL_Pa/YPEL_Par, YPEL_Pn/YPEL_Par и YPEL_Pp/YPEL_Par по отдельности для изолятов *P. avenae*, *P. nodorum* и *P. pseudonodorum* в агарозном геле чётко визуализировались ампликоны ожидаемой длины (рис. 2 (a, b, c)). Попарное тестирование каждой комбинации (YPEL_Pa/YPEL_Par, YPEL_Pn/YPEL_Par, YPEL_Pp/YPEL_Par) показало амплификацию только с ДНК соответствующего вида: никаких побочных продуктов при использовании ДНК двух других видов не образовывалось. В совместной реакции трёх прямых и одного обратного праймера по-прежнему наблюдались только ампликоны таргетных организмов без фоновой или неспецифической амплификации, что подтверждает сохранение видоспецифичности даже при совместном использовании всех трёх прямых праймеров (рис. 2 (d)). В реакции с неродственными *Parastagonospora* таксонами праймеры не давали продуктов амплификации, в то время как положительные контроли (*P. avenae, P. nodorum*, *P. pseudonodorum*) дали ожидаемые продукты, что подтверждает хорошую специфичность набора.

Для определения предела чувствительности каждая пара праймеров отдельно тестировалась на серии десятикратных разведений геномной ДНК (1 нг → 0.1 нг → 0.01 нг → 1 пг → 0.1 пг → 0.01 пг → 1 фг → 0.1 фг) в объёме 25 мкл реакционной смеси (рис. 3). Установлено, что минимальная концентрация ДНК, при которой сохраняется воспроизводимая амплификация, для *P. avenae* составляет 0.1 пг, для *P. nodorum* – 0.01 пг, а для *P. pseudonodorum* – 1 пг. Таким образом, наиболее чувствительными оказались пары праймеров для *P. avenae* и *P. nodorum*. Однако

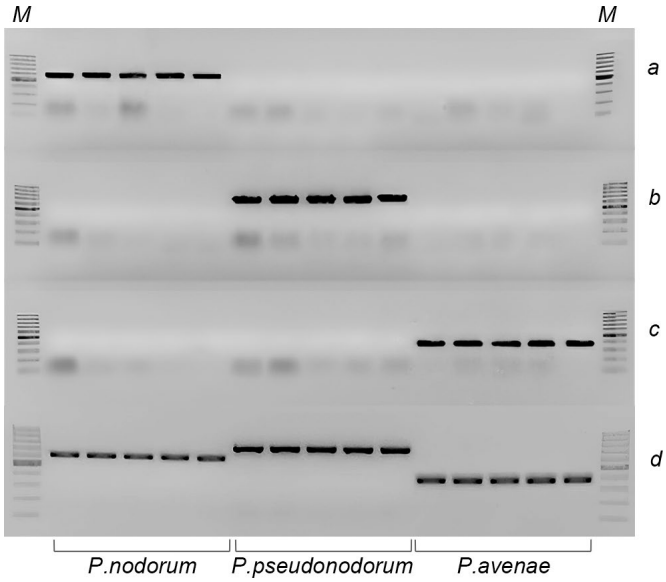


Рисунок 2. Электрофореграмма продуктов ПЦР, демонстрирующая специфичность пар праймеров YPEL_Pn/YPEL_Par, YPEL_Pp/YPEL_Par, YPEL_Pa/YPEL_Par, в индивидуальных (*a*, *b*, *c* соответственно) и мультиплексных (*d*) реакциях. Условные обозначения: M – маркер длин ДНК

Figure 2. Electropherogram of PCR products demonstrating the specificity of the primer pairs YPEL_Pn/YPEL_Par, YPEL_Pp/YPEL_Par, and YPEL_Pa/YPEL_Par in individual (*a*, *b*, and *c* respectively) and in multiplex reactions (*d*). Legend: M – DNA size marker

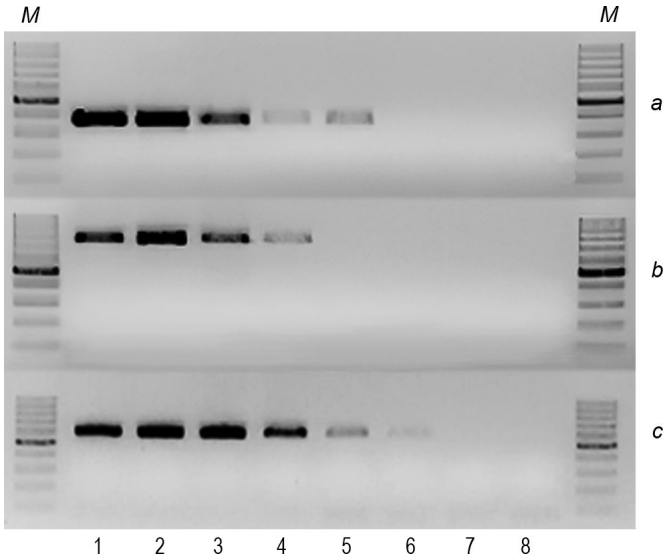


Рисунок 3. Электрофореграмма продуктов ПЦР, демонстрирующая предел чувствительности пар праймеров YPEL_Pa/YPEL_Par, YPEL_Pp/YPEL_Par, YPEL_Pn/YPEL_Par (*a, b, c* соответственно) в реакционной смеси объемом 25 мкл. Условные обозначения: 1–8 – серия 10^x разведений от 1 нг до 0.1 фг геномной ДНК; M – маркер длин ДНК

Figure 3. Electropherogram of PCR products demonstrating the sensitivity limit of the primer pairs YPEL_Pa/YPEL_Par, YPEL_Pp/YPEL_Par, and YPEL_Pn/YPEL_Par (a, b, and c respectively) in a 25 µL reaction mixture. Legend: 1–8 – a 10-fold dilution series ranging from 1 ng to 0.1 fg of genomic DNA; M – DNA size marker

при использовании метода в мультиплексном формате, с целью сохранения надёжности диагностики для всех трёх видов, следует использовать пробу с концентрацией геномной ДНК не ниже 1 пг на реакцию — в соответствии с пределом чувствительности праймеров, специфичных к *P. pseudonodorum*.

Результаты настоящего исследования демонстрируют успешное применение набора высокоспецифичных ПЦР-праймеров для одновременной идентификации трёх видов рода *Parastagonospora*, патогенных для злаковых культур: *P. avenae*, *P. nodorum* и *P. pseudonodorum*. Использование гена *YPEL* в качестве мишени показало высокую дискриминационную способность для указанных таксонов, при сохранении чувствительности до концентрации 1 пг геномной ДНК — в соответствии с порогом наименее чувствительной пары праймеров.

Представленный метод диагностики *Parastagonospora* spp. обладает высокой видоспецифичностью, не дает кросс-реакций с неродственными фитопатогенами и отличается достаточной чувствительностью для применения в фитосанитарной практике. Мультиплексный формат анализа обеспечивает экономичность и оперативность, позволяя выявлять целевые виды.

Учитывая подтверждённое присутствие всех трёх видов *Parastagonospora* на территории России, внедрение разработанного ПЦР-набора позволит повысить точность оценки устойчивости сортов пшеницы и овса к септориозу; найдет применение в мониторинге эпифитотийных ситуаций и прогнозировании вспышек заболевания; будет являться начальным этапом в изучение чувствительности патогенов к фунгицидам, что позволит отслеживать изменения в популяциях грибов и адаптировать стратегии защиты посевов.

Благодарности

Исследование проведено при поддержке Российского научного фонда (проект 19-76-30005-П)

Библиографический список (References)

Зеленева ЮВ, Аблова ИБ, Судникова ВП, Мохова ЛМ, Конькова ЭА (2022) Видовой состав возбудителей септориозов пшеницы в европейской части России и идентификация генов-эффекторов SNTOXA, SNTOX1 и SNTOX3. *Микология и фитопатология* 56(6):441–447. https://doi.org/10.31857/s0026364822060113

Зеленева ЮВ, Ганнибал ФБ, Казарцев ИА, Судникова ВП (2023) Молекулярная идентификация, гены-эффекторы и вирулентность изолятов гриба *Parastagonospora nodorum* из Алтайского края (Россия). *Микология и фитопатология* 57(5):362–371. https://doi.org/10.31857/s0026364823050124

Коломиец ТМ, Пахолкова ЕВ, Дубовая ЛП (2017) Отбор исходного материала для создания сортов пшеницы с длительной устойчивостью к септориозу. М.: Печатный город. 56 с.

Коротков ЮА, Зеленева ЮВ, Иванова ОМ, Рязанова ТС (2025) Идентификация грибов, выделенных из семян подсолнечника сортов Тамбовской селекции. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета* 1(80):61–66

An Overview of *Stagonospora nodorum* Leaf and Glume Blotch (2020) https://cropprotectionnetwork.org/publications/an-overview-of-stagonospora-nodorum-leaf-and-glume-blotch. https://doi.org/10.31274/cpn-20200922-2 (15.06.2025)

Bhathal JS, Loughman R (2003) Yield reduction in wheat in relation to leaf disease from yellow (tan) spot and septoria nodorum blotch. *Eur J Plant Pathol* 109: 435–443. https://doi.org/10.1023/a:1024277420773

Croll D, Crous PW, Pereira D et al (2021) Genome-scale phylogenies reveal relationships among *Parastagonospora* species infecting domesticated and wild grasses. *Persoonia* 46:116–128. https://doi.org/10.3767/persoonia.2021.46.04

Doyle JJ, Doyle JL (1987) A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochem Bull* 19:11–15

FRAC (2024) Sterol Biosynthesis Inhibitor (SBI) working group. https://www.frac.info/media/lxsf03ev/minutes-of-the-2024-sbi-meeting-recommendations-for-2024-from-jan-19th-and-march-21st-2024.pdf (15.06.2025)

Gao Y, Zhong T, Eungwanichayapant PD, Jayawardena RS, Hyde KD, Faraj TKh, Wanasinghe DN, Gui H (2024) Two new species of *Parastagonospora* and a new species of *Phaeoseptoriella* (Phaeosphaeriaceae, Pleosporales) from grasslands in Yunnan Province, China. *MycoKeys* 109:239–263

Kaur N, Mullins C, Kleczewski NM, Mehl HL (2021) Occurrence of Quinone Outside Inhibitor Resistance

in Virginia Populations of *Parastagonospora nodorum* Infecting Wheat. *Plant Dis* 105:1837–1842. https://doi.org/10.1094/pdis-11-19-2288-re

McDonald MC, Razavi M, Friesen TL, Brunner PC, McDonald BA. (2012) Phylogenetic and population genetic analyses of *Phaeosphaeria nodorum* and its close relatives indicate cryptic species and an origin in the Fertile Crescent. *Fungal Genet Biol* 49(11):882–895

Oliver RP, Friesen TL, Faris JD, Solomon PS (2012) *Stagonospora nodorum*: from pathology to genomics and host resistance. *Annu Rev Phytopathol* 50:23–43. https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-081211-173019

Quaedvlieg W, Verkley GJ, Shin HD, Barreto RW, Alfenas AC, Swart WJ et al (2013) Sizing up *Septoria*. *Stud Mycol* 75(1):307–390. https://doi.org/10.3114/sim0017

Roxström-Lindquist K, Faye I (2001) The *Drosophila* gene Yippee reveals a novel family of putative zinc binding proteins highly conserved among eukaryotes. *Insect Mol Biol* 10(1):77–86. https://doi.org/10.1046/j.1365-2583.2001.00239.x

Solomon PS, Lowe RGT, Tan K-C, Waters ODC, Oliver RP (2006) *Stagonospora nodorum*: cause of *Stagonospora nodorum* blotch of wheat. *Mol Plant Pathol* 7(3):147–156.

Syme RA, Tan KC, Rybak K, Friesen TL, McDonald BA, Oliver RP, Hane JK (2018) Pan-Parastagonospora Comparative Genome Analysis-Effector Prediction and Genome Evolution. *Genome Biol Evol* 10(9):2443–2457

Zeleneva YV, Ablova IB, Mokhova LM (2024) Species Composition of Wheat Septoria Pathogens and Identification of Effector Genes in *Parastagonospora* spp. Populations of Krasnodar Krai and Leningrad Oblast of the Russian Federation. *Russ Agricult Sci* 50:383–390. https://doi.org/10.3103/s1068367424700393

Translation of Russian References

Zeleneva YuV, Ablova IB, Mokhova LM (2024) Species composition of Septoria blotch of cereal crops and identification of effector genes in populations of *Parastagonospora* spp. on the territory of Krasnodar and Leningrad regions of the Russian Federation. *Rossiyskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka.* 3:50–55. https://doi.org/10.31857/s2500262724030101

Zeleneva YuV, Ablova IB, Sudnikova VP, Mokhova LM, Konkova EA (2022) Species composition of wheat Septoria pathogens in the European part of Russia and identifying SNTOXA, SNTOX1, and SNTOX3 effector genes. *Mikologiya i fitopatologiya* 56(6):441–447. https://doi.org/10.31857/s0026364822060113

Zeleneva YuV, Gannibal PhB, Kazartsev IA, Sudnikova VP (2023) Molecular identification, effector genes and virulence of isolates of *Parastagonospora nodorum* from Altai krai (Russia). *Mikologiya i fitopatologiya* 57(5):362–371. https://doi.org/10.31857/s0026364823050124

Kolomiets TM, Paholkova EV, Dubovaya LP (2017) Selection of source material for the creation of wheat varieties with long-term resistance to Septoria spot. Moscow: Pechatnyj gorod. 56 p.

Korotkov YuA, Zeleneva YuV, Ivanova OM, Ryazanova TS (2025) Identification of fungi isolated from sunflower seeds of Tambov breeding varieties. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* 1(80):61–66.

Plant Protection News, 2025, 108(2), p. 107–111

OECD+WoS: 1.06+RQ (Mycology); 1.06+QU (Microbiology) https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-2-17138

Short communication

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF MULTIPLEX PCR FOR IDENTIFICATION OF THREE FUNGAL SPECIES OF THE GENUS *PARASTAGONOSPORA* WIDESPREAD IN RUSSIA

I.A. Kazartsev*, Yu.V. Zeleneva

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

**corresponding author, e-mail: ikazartsev@vizr.spb.ru*

A multiplex PCR system has been developed and validated for the specific detection of three prevalent in Russia cereal pathogens, belonging to the genus of *Parastagonospora*: *P. nodorum*, *P. avenae*, and *P. pseudonodorum*. The target region selected was a fragment of the *YPEL* (Yippee-like protein) gene, which exhibits sufficient interspecies polymorphism for designing highly specific primers. Primer specificity was confirmed *in silico* and *in vitro* using a collection of reference isolates. The developed primers functioned effectively in a multiplex format, enabling species-specific detection. The system demonstrated high sensitivity (detection limit: 1 pg of genomic DNA per reaction). This assay can be utilized for phytosanitary monitoring and research on the epidemiology of Septoria diseases in cereal crops.

Keywords: molecular diagnostics, Septoria nodorum blotch, wheat, *Parastagonospora nodorum*, *Parastagonospora pseudonodorum*, *Parastagonospora avenae*

Submitted: 16.06.2025 *Accepted: 25.07.2025*

© Kazartsev I.A., Zeleneva Yu.V., published by All-Russian Institute of Plant Protection (St. Petersburg).
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

OECD+WoS: 1.06+RQ (Mycology); 1.06+QU (Microbiology) https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-2-17070

Краткое сообщение

ПЕРВАЯ НАХОДКА ГРИБА *SEPTOGLOEUM SOJAE* НА СОЕ В РОССИИ

Е.Л. Гасич*, М.М. Гомжина, А.С. Орина, Л.Б. Хлопунова, Ф.Б. Ганнибал

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

**ответственный за переписку, e-mail: elena_gasich@mail.ru*

Образцы семян сои из 11 регионов России проанализированы на зараженность грибами. Из девяти из 26 образцов из Амурской области выделены штаммы грибов по морфолого-культуральным характеристикам сходные с возбудителем сонного ожога сои *Septogloeum sojae*. В других регионах он не обнаружен. Последовательности фрагмента внутреннего транскрибируемого спейсера (ITS) полученных нами штаммов соответствовали на 100% гомологичным сиквенсам репрезентативного штамма *S. sojae*. Штаммы *S. sojae* на картофельно-сахарозном агаре формировали дрожжеподобные, ограниченно растущие, красновато-коричневые колонии со средним диаметром 6.8 мм (7 сут). Инокуляция растений сои конидиальной суспензией гриба в лабораторных условиях за три недели приводила к развитию типичных симптомов сонного ожога – изгибанию и загниванию верхушек стеблей, развитию точечных бурых или расплывчатых хлоротичных пятен на листьях, некрозов на черешках, приводящих к засыханию листовых пластинок. Через пять недель на пораженных побегах и черешках отмечено формирование желтовато-белых порошащих споролож, из которых был реизолирован гриб. Это первая находка *S. sojae* в России.

Ключевые слова: *Glycine max*, сонный ожог, Амурская область, семенная инфекция, патогенность

Поступила в редакцию: 26.05.2025 *Принята к печати: 01.08.2025*

Введение

Соя – важная сельскохозяйственная культура, широко распространенная во всем мире (Hosseini et al., 2023; Hamza et al., 2024). Возрастающая потребность в соевом белке способствует расширению посевных площадей занятых этой культурой в России; прогнозируемые посевные площади под соей в 2025 году могут составить 4.5 млн. га (Сельскохозяйственные вести https://agri-news.ru). Увеличение доли сои в севооборотах и накопление инфекции в растительных остатках, завоз импортных семян может привести к повышению значения известных болезней этой культуры, а также распространению ранее не отмечавшихся в стране заболеваний (Ristaino et al., 2021; Hosseini et al., 2023). При микологическом анализе образцов семян сои урожая 2018 года из 11 субъектов Российской Федерации в нескольких образцах из Амурской области были выделены штаммы гриба, по морфолого-культуральным признакам схожего с *Septogloeum sojae* Yoshii & Nishiz. (Fungi, Ascomycota). Несколько штаммов этого гриба также были выделены из единственного образца семян сои урожая 2022 года из той же области. Этот патоген вызывает сонный ожог (sleeping blight) сои. Заболевание впервые зарегистрировано в Японии в 1955 (Nishizawa et al., 1955). Имеются сведения об обнаружении этого заболевания в Китае (Tai, 1979; Farr & Rossman, 2025). В 2005 году болезнь была выявлена в Корее, распространенность заболевания варьировала от 5% в окрестностях Suwon до 90% на некоторых полях в уездах Yangu в 2005 году и Geumsan в 2011 году (Hong et al., 2012). Согласно Hong с соавторами (2012), симптомы заболевания в поле отмечены в конце вегетации как L-образный изгиб верхней части стеблей, развитие на их поверхности желтовато-белого порошащего налета, пожелтение, побурение и преждевременное опадение листьев. На бобах заболевание проявлялось во время их налива, вначале формировались мелкие темно-коричневые пятна, впоследствии бобы покрывались желтовато-белым налетом спороношения, при сильном поражении бобы становились сморщенными и деформированными, семена в них формировались недоразвитые и уплощенные. В доступной нам литературе не найдено сведений о регистрации этого заболевания на территории России.

Цель работы – идентификация штаммов *S. sojae*, выделенных из семян сои из Амурской области, и оценка их патогенности.

Материалы и методы

Материалом исследования служили 53 образца семян сои урожая 2018 года, собранных в Амурской (25), Белгородской (2), Воронежской (2), Липецкой (2), Пензенской (1), Саратовской (1), Самарской (6), Тульской (3), Челябинской (1) областях, в Алтайском (8) и Краснодарском (2) краях. Также был проанализирован один образец из Амурской области урожая 2022 года. Поверхность семян стерилизовали в течение 1 минуты в 0.1% растворе нитрата серебра, затем три раза промывали стерильной водой со стрептомицином (100 мкг/мл) и раскладывали в чашки Петри на поверхность картофельно-сахарозного агара (КСА). Чашки инкубировали при 24 °C в темноте и анализировали на 7−14 сутки. Всего было выделено 28 штаммов, морфологически сходных с *S. sojae*, 10 из них были сохранены в Государственной коллекции микроорганизмов, патогенных для растений и их вредителей,

© Гасич Е.Л., Гомжина М.М., Орина А.С., Хлопунова Л.Б., Ганнибал Ф.Б. Статья открытого доступа, публикуемая Всероссийским институтом защиты растений (Санкт-Петербург) и распространяемая на условиях Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

поддерживаемой в ФГБНУ ВИЗР, и использованы для дальнейших исследований.

Выделение ДНК трех штаммов *S. sojae* MF S-2.1, MF S-2.3 и MF S-2.5 проводили из 40–50 мг мицелия, собранного с поверхности колонии гриба с использованием стандартного CTAB-протокола. Подтверждение видовой принадлежности штаммов выполнено на основе анализа нуклеотидной последовательности внутреннего транскрибируемого спейсера рДНК (ITS), амплифицированного с использованием праймеров ITS1 и ITS4 по протоколам авторов (White et al., 1990). Нуклеотидные последовательности определяли на секвенаторе ABIPrism 3500 (Applied Biosystems, Hitachi, Japan) с использованием набора реактивов BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, USA). Выравнивание последовательностей проведено в программе Vector NTI Advance 10 (Thermo Fisher Scientific). Полученные последовательности депонированы в международной информационной базе данных NCBI GenBank под номерами OL504559, OL504560 и OL504561 и проверены на сходство с депонированными ранее сиквенсами при помощи алгоритма BLAST.

Для описания морфолого-культуральных особенностей штаммы *S. sojae* культивировали на КСА при 24 °C в темноте в течение 3 недель.

Патогенность четырех штаммов *S. sojae* MF S-2.1, MF S-2.2, MF S-2.3 и MF S-2.5 оценивали методом экспериментального заражения целых растений сои в лабораторных условиях. Семена сои сорта Грация после поверхностной дезинфекции, выполненной вышеупомянутым способом, помещали во влажные камеры и инкубировали трое суток в темноте при 24 °C, затем проросшие семена по одному высевали в сосуды с почвой объемом около 200 мл и культивировали с освещением 12 ч/сут. Для инокуляции использовали конидии, полученные смывом с поверхности 3-недельной культуры гриба на КСА. В фазе начала формирования третьего тройчатого листа растения опрыскивали конидиальной суспензией с концентрацией 5×10^5 спор/мл (средний расход суспензии – 15 мл на сосуд), после инокуляции растения выдерживали 3 недели при комнатной температуре при относительной влажности >90 % (Hong et al., 2012). Развитие симптомов заболевания оценивали каждые семь суток. Реизоляцию гриба проводили из фрагментов пораженной ткани путем помещения их после поверхностной стерилизации на КСА. Идентификацию реизолированных штаммов проводили по морфолого-культуральным признакам.

Результаты и обсуждение

При микологическом анализе семян сои из 11 регионов Российской Федерации, гриб *S. sojae* был выделен только из девяти образцов из пяти районов Амурской области, что составило 16.7 % всех анализированных образцов сои и 34.6 % образцов из этого региона. Зараженность семян грибом *S. sojae* варьировала от 1 до 8 %.

Нуклеотидные последовательности фрагмента ITS трех анализированных штаммов *S. sojae* оказались идентичными и имели 100 % сходство с гомологичной последовательностью репрезентативного штамма *S. sojae* MAFF 305212 (Genebank project, NARO accession MAFF 305212), выделенного из сои в Японии в 1955 г, а также с последовательностями штаммов NAAS 1187 и NAAS 1192 (GenBank accession JX853747 и JX853748, соответственно), выделенных из сои в Южной Корее, и штамма MAFF 236417 (Genebank project, NARO acc. MAFF 236417), изолированного из древесины в Японии. В то же время сходство с последовательностями ITS штаммов других видов *Septogloeum* – *S. oxysporum* Sacc., E. Bommer & M. Rousseau CBS 320.68 (GenBank acc. MH859144), *S. gillii* D.E. Ellis CBS 416.65 (GenBank acc. MH858645) – оказалось значительно ниже 89–92 %. Таким образом, подтверждена принадлежность анализируемых штаммов виду *S. sojae.*

Все анализированные штаммы *S. sojae* формировали на КСА сходные колонии: медленно растущие, приподнятые, морщинистые, бугристые, слизистые, коричневые, с темно-бурым реверсом и неровным краем; воздушный мицелий бледно-серый, слабо развитый по краю и в центре колонии; окружающий агар окрашен в бледно-красновато-коричневый цвет (рис. 1A, B). Диаметр колоний *S. sojae* на 7 сутки достигал 4.8–10 мм (в среднем 6.8±0.3 мм). На 14 сутки колонии становились темно-бурыми с красновато-коричневым оттенком, диаметр колоний – 7–15.5 мм (в среднем 9.4±0.6 мм). Конидиомы четко не выраженные, споровый экссудат обильный, бледно-коричневого цвета. Конидиеносцы гиалиновые или светло-коричневые, цилиндрические, с несколькими перегородками или редуцированные до конидиогенных клеток. Конидии многочисленные, гиалиновые, веретеновидно-цилиндрические, прямые или слегка изогнутые, к концам суживающиеся, с 3–7 перегородками (молодые конидии без перегородок), 14–60 (32.8±1.4) × 2.5–5.2 (3.9±0.1) мкм. Клетки более старых конидий часто вздуваются (рис. 1G), продуцируют вторичные конидии (рис. 1C) или преобразуются в хламидоспоры (рис. 1F).

Все изученные штаммы *S. sojae* вызывали сходные симптомы на инокулированных растениях сои. Через три недели инкубации в условиях повышенной влажности у растений отмечалось изгибание и загнивание верхушек стеблей, развитие на некоторых листьях мелких точечных бурых или расплывчатых хлоротичных пятен, а также развитие бурых некрозов в основании черешков и на черешочках в основании листовых пластинок, ведущее к повисанию целых листьев и отдельных листочков, их хлорозу и засыханию. Через пять недель на побегах и черешках с симптомами поражения развивалось спороношение гриба (рис. 2D). Гриб был реизолирован из пораженных тканей, что подтверждает его патогенность. Видовая принадлежность реизолятов была установлена по морфолого-культуральным признакам.

Развитию болезни способствуют прохладная погода и частые дожди в летний период (Hong et al., 2012). Летние месяцы в Амурской области характеризуются умеренно теплой дождливой погодой. Например, в Благовещенске средние температуры июня, июля и августа и количество выпавших в эти месяцы осадков составляют 19.2 °C /85 мм, 21.7 °C /130 мм, 19.5 °C /102 мм, соответственно (https://climate-data.org). В 2018 году в июне количество выпавших осадков превысило среднегодовую норму почти в 2 раза, а в июле – в 1.2 раза (https://pogodaiklimat.ru).

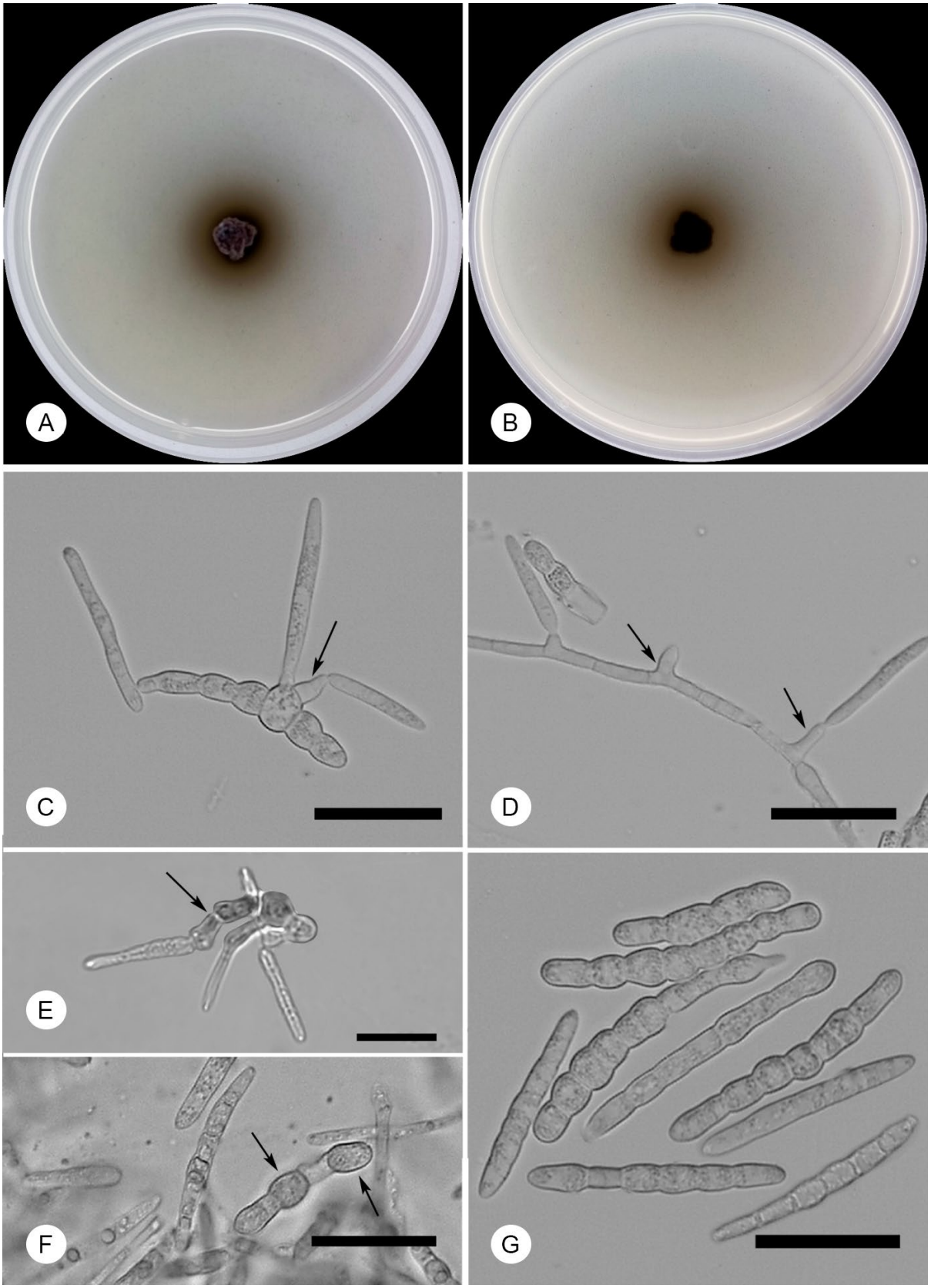


Рисунок 1. Морфо-культуральные признаки (A–B) и светлопольная микроскопия с контрастом Номарского (C–G) *Septogloeum sojae,* штамм MF S-2.10. A–B. Колония на КСА, 14 сутки роста, левая половина – верхняя сторона, правая – реверс. C–D. Конидиогенные клетки. E. Конидиеносец. F. Хламидоспоры. G. Конидии. Масштабная линейка: C, D, F, G, 25 мкм; F, 20 мкм. Стрелки указывают на конидиогенные клетки (C, D), конидиеносец (E) и хламидоспоры (F)

Figure 1. Morpho-cultural features (A–B) and bright field microscopy with Nomarskiy contrast (C–G) of *Septogloeum sojae* strain MF S-2.10. A–B. Pure cultures on PSA, 14 days of growth, left half – front side, right – reverse. C–D. Conidiogenous cells. E. Conidiophore. F. Chlamydospores. G. Conidia. Scale bars: C, D, F, G, 25µm; F, 20 µm. Arrows indicate conidiogenous cells (C, D), conidiophore (E), and chlamydospores (F)

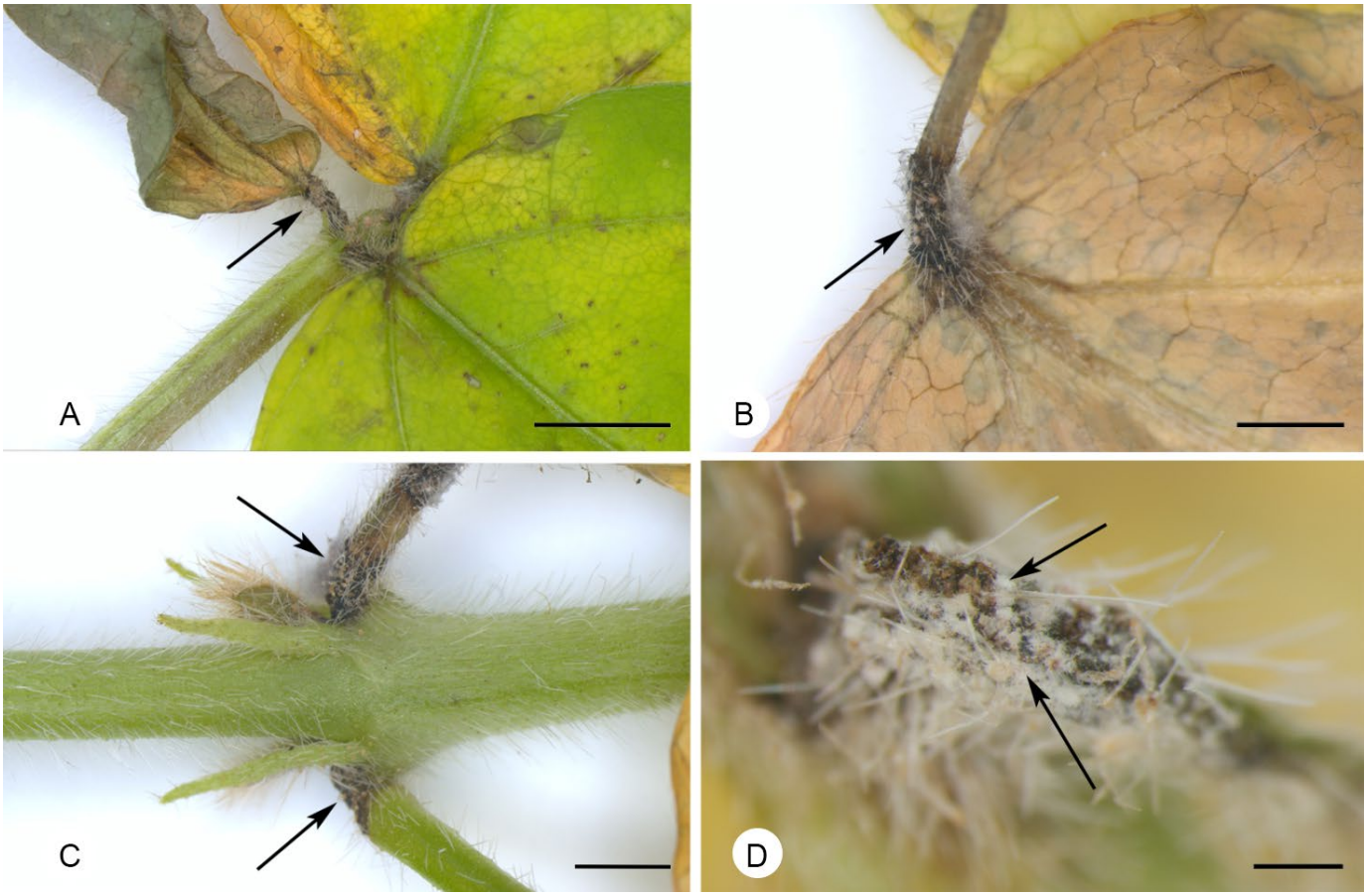


Рисунок 2. Симптомы поражения листьев сои (некроз) через пять недель после инокуляции. Стрелки указывают на некрозы (A–C) и спороложа (D)

Figure 2. Symptoms of soybean leaf infection (necrosis), five weeks after inoculation. Arrows indicate necrosis (A–C) and acervuli (D)

Сходная ситуация складывалась в отдельные летние месяцы и в последующие годы. Повышенная влажность во время вегетации, вероятно, благоприятствует развитию сонного ожога сои в Амурской области. Все исследованные нами штаммы *S. sojae* выделены из семян сои урожая 2018 и 2022 гг. из Амурской области, однако ранее не сообщалось о распространении сонного ожога сои в этом регионе. Возможно, заболевание до сих пор остается незамеченным фитопатологами из-за его низкой распространенности или сходства симптомов с другими болезнями. Сонный ожог сои и в других странах относится к редким, недостаточно исследованным заболеваниям. С 1955 года, когда оно было впервые выявлено в Японии, вышло всего несколько статей, посвященных этому вопросу. На данный момент *S. sojae* зарегистрирован на сое в Японии, Китае, на Корейском полуострове и нами впервые в Амурской области России.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 19-76-30005-П).

Библиографический список (References)

Погода и климат. https://pogodaiklimat.ru (09.04.2025)

Сельскохозяйственные вести https://agri-news.ru (09.04.2025)

Climate data for cities worldwide. https://climate-data.org (09.04.2025)

Farr DF, Rossman AY U.S. National Fungus Collections Fungal Database. https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/ (08.04.2025)

Hamza M, Basit AW, Shehzadi I, Tufail U et al (2024) Global impact of soybean production: a rewiew. *Asian J Biochem Genet Mol Biol* 16: 12–20. http://doi.org/10.9734/ajbgmb/2024/v16i2357

Hong SK, Choi HW, Lee Y K, Lee SY, Shim HS (2012) Occurrence of soybean sleeping blight caused by *Septogloeum sojae* in Korea. *Mycobiology* 40(4):265–267. http://doi.org/10.5941/MYCO.2012.40.4.265

Hosseini B, Voegele RT, Link TI (2023) Diagnosis of soybean diseases caused by fungal and oomycete pathogens: existing methods and new developments. *J Fungi* 9: 587. https://doi.org/10.3390/jof9050587

Nishizawa T, Kinoshita S, Yoshii H (1955) On the soybean blast and its causal fungus Septogloeum sojae n. sp. *Ann Phytopathol Soc Jpn* 20: 11–15. http://doi.org/10.3186/jjphytopath.20.11 (in Japanese)

Ristaino JB, Anderson PK, Bebber DP, Brauman KA et al (2021) The persistent threat of emerging plant disease pandemics to global food security. *PNAS* 118: e2022239118. https://doi.org/10.1073/pnas.2022239118

Tai FL (1979) Sylloge Fungorum Sinicorum. Press, Acad. Sin., Peking. 1527 p.

White TJ (1990) Amplification and Direct Sequencing of Fungal Ribosomal RNA Genes for Phylogenetics. In: Innis MA, Gelfand DH, Sninsky JJ, White TJ (eds) PCR Protocols, a Guide to Methods and Applications. London: Academic Press. 315–322.

Translation of Russian References

Agricultural News https://agri-news.ru (09.04.2025) (In Russian)

The weather and climate. https://pogodaiklimat.ru (09.04.2025) (In Russian)

Plant Protection News, 2025, 108(2), p. 112–116

OECD+WoS: 1.06+RQ (Mycology); 1.06+QU (Microbiology) https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-2-17070

Short communication

THE FIRST REPORT OF THE FUNGUS *SEPTOGLOEUM SOJAE* ON SOYBEAN IN RUSSIA

E.L. Gasich*, M.M. Gomzhina, A.S. Orina, L.B. Khlopunova, Ph.B. Gannibal

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

**corresponding author, e-mail: elena_gasich@mail.ru*

Soybean seed samples from 11 regions of Russia were screened for fungal infection. Nine out of 26 samples from Amur Province contained fungi similar to the soybean sleeping blight causal agent *Septogloeum sojae*, absent in other regions. The internal transcribed spacer (ITS) sequence was 100% identical to homologous sequences of the representative *S. sojae* strain. The strains formed yeast-like, reddish-brown colonies of limited growth and abundant sporulation, 6.8 mm in diameter on potato-sucrose agar on 7th day of growth. Soybean laboratory inoculation with conidial suspension after three weeks at high humidity caused typical sleeping blight symptoms: plant top bending and rotting, pinpoint brown or blurred chlorotic spots on leaves and necrosis on petioles, leading to drying out of leaves. After five weeks, yellowish-white powdery sporodochia were formed on symptomatic shoots and petioles, and the fungus was re-isolated. This is the first report of *S. sojae* in Russia.

Keywords: *Glycine max*, sleeping blight, Amur Province, seed infection, pathogenicity

Submitted: 26.05.2025 *Accepted: 01.08.2025*

© GasichE.L., Gomzhina M.M., Orina A.S., Khlopunova L.B., Gannibal Ph.B., published by All-Russian Institute of Plant Protection (St. Petersburg). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

OECD+WoS: 1.06+IY (Entomology); 4.01+AM (Agronomy) https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-2-16795

Краткое сообщение

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ЯИЦ *LUCILIA SERICATA* (DIPTERA, CALLIPHORIDAE) В КАЧЕСТВЕ КОРМА ДЛЯ РАЗВЕДЕНИЯ ХИЩНОГО КЛОПА *MACROLOPHUS PYGMAEUS* (HETEROPTERA, MIRIDAE)

Д.П. Канайкин, И.М. Пазюк*, А.П. Несин, Ю.С. Токарев

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

**ответственный за переписку, e-mail: ipazyuk@gmail.com*

В лабораторных условиях проведена оценка ряда параметров жизненного цикла хищного клопа *Macrolophus pygmaeus* при питании альтернативным кормом – яйцами зеленой мясной мухи *Lucilia sericata* в сравнении со стандартным кормом – яйцами зерновой моли *Sitotroga cereallella* (контроль). Особей клопа содержали индивидуально для исключения смертности, вызванной каннибализмом. Продолжительность нимфального развития, выживаемость имаго, продолжительности жизни самцов и самок, их вес и доля самок в культуре при кормлении экспериментальным кормом не отличались от таковых при стандартном питании. Несмотря на тенденцию к снижению плодовитости самок в опытном варианте по сравнению со стандартом, эти различия не были статистически достоверными. В целом, яйца зеленой мясной мухи можно считать пригодным кормом для жизнедеятельности хищного клопа *M. pygmaeus* и рекомендовать его в качестве частичной замены яиц чешуекрылых.

Ключевые слова: массовое разведение, энтомофаги, хищные клопы, биологическая защита растений, альтернативный корм, скорость развития, плодовитость

Поступила в редакцию: 27.02.2025 *Принята к печати: 14.05.2025*

Введение

Хищный клоп *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera, Heteroptera, Miridae) – западнопалеарктический вид, доходящий на востоке до Казахстана и Таджикистана (Kerzhner, Josifov, 1999). В некоторых исследованиях его ошибочно идентифицируют как *M. melanotoma* (Costa) (=*M. caliginosus* Wagner) (De Backer et al., 2015; Agusti et al., 2020). Это – многоядный хищник и зоофитофаг, который питается различными видами белокрылок, паутинных клещей, трипсов, тлей, а также яйцами и гусеницами младших возрастов чешуекрылых (Enkegaard et al., 2001; Perdikis, Lycouressis, 2002; Lycouressis et al., 2007; Leman et al., 2020). В защищенном грунте его в основном применяют против белокрылок, таких как *Trialeurodes vaporariorum* Westwood и *Bemisia tabaci* (Gennagius) на томатах, дынях и других овощных и декоративных культурах (Alomar et al., 2006; Bonato et al., 2006; Leman et al., 2020; Farina et al., 2023), а также против опасного инвазивного вредителя – южноамериканской томатной моли *Tuta absoluta* (Meyrick) на томатах (Zappala et al., 2013). В настоящее время хищники рода *Macrolophus* служат одними из наиболее востребованных агентов биологического метода защиты растений (van Lenteren et al., 2020; Radev, 2024).

Потребность в *M. pygmaeus* для биологической защиты овощных и декоративных культур закрытого грунта вызывает необходимость его массового разведения в биолабораториях и на биофабриках с использованием технологий на основе корма, который был бы недорогим и оптимальным для производства качественного энтомофага. В числе первых лабораторных кормов для полужесткокрылых хищников, включая *M. pygmaeus*, стали применять яйца зерновой моли *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Gelechiidae), мельничной огнёвки *Ephestia kuehniella* Zeller (Pyralidae) и других чешуекрылых (Крижанівська, 1983; Асякин, Красавина, 2009; De Clercq et al., 2023). Питание яйцами чешуекрылых зачастую приводило к повышению плодовитости и увеличению продолжительности жизни клопа по сравнению с питанием их целевыми жертвами (белокрылками, трипсами, тлями и др.) (Mendes et al., 2002; Bonte et al., 2017; De Clercq et al., 2023). Однако яйца чешуекрылых – это достаточно дорогой корм для массового разведения хищных клопов (Крыжановская, Тронь, 1987; Vandekerkhove et al., 2009; De Clercq et al., 2023). В 2000–2010-е годы выполнялись работы по оценке пригодности цист рачков *Artemia* spp. (Crustacea, Anostraca) в качестве корма для хищных клопов. На основании того, что основные характеристики жизненного цикла энтомофагов по сравнению со стандартным кормом снижались незначительно, сделан вывод о целесообразности их применения (De Clercq et al., 2023). Однако позже было показано, что при массовом разведении клопов-слепняков (*Nesidiocoris tenuis*, *M. pygmaeus*) на сухих

© Канайкин Д.П., Пазюк, И.М. Несин А.П., Токарев Ю.С. Статья открытого доступа, публикуемая Всероссийским институтом защиты растений (Санкт-Петербург) и распространяемая на условиях Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

декапсулированных цистах артемии в первом поколении происходило снижение численности клопа на 27–34 % по сравнению с содержанием их на яйцах зерновой моли (Козлова, Ходжаш 2019; Pazyuk, 2023).

Еще одна группа потенциальных кормов – это яйца различных видов мух (Diptera), которых также пробовали в качестве пищи для разведения хищных полужесткокрылых (De Clercq et al., 2023). Средиземноморская плодовая муха *Ceratitis capitata* (Wiedemann), чьи яйца скармливали *M. pygmaeus*, оказалась пригодной для питания хищника. Хотя показатели жизнеспособности клопа были несколько ниже по сравнению с эталоном (Nannini, Souriau, 2009), преимущество этого альтернативного корма заключается в его низкой себестоимости, так как мухи, применяемые для генетического метода защиты растений, производятся массово и являются дешевыми в производстве (De Clercq et al., 2023). Другой перспективный вид корма – яйца зеленой мясной мухи *Lucillia sericata* (Diptera, Calliphoridae), которая применяется в различных областях, включая медицинскую терапию, органическую переработку навоза и отходов пищевой промышленности, а также в криминалистических исследованиях (Sherman et al., 2000; Rabêlo et al., 2011; Cicková et al., 2015; Naik and Harding, 2017; Masiero et al., 2019). Поскольку массовое разведение этих мух становится всё более доступным благодаря существующим технологиям и методам, яйца зеленой мясной мухи могут стать недорогим источником корма для различных видов насекомых-энтомофагов. Впервые кормление яйцами *L. sericata* хищных клопов из рода *Orius* было опробовано украинскими учеными. Показано, что самки *O. laevigatus,* питавшиеся яйцами *L. sericata* откладывали за жизнь больше яиц, чем при питании яйцами зерновой моли *S. cerealella* (Мороз, 2010). Что касается хищного клопа *M. pygmaeus,* в литературных источниках нами не обнаружено данных о использовании яиц зеленой мясной мухи для его разведения. В связи с этим, целью данной работы явилась оценка основных параметров развития хищного клопа *M. pygmaeus* при питании яйцами *L. sericata*.

Материалы и методы

В лабораторных опытах тестировали клопов, полученных от особей *M. pygmaeus,* собранных в г. Сочи (Россия) в 2011 году. До эксперимента хищников содержали в стандартных садках 60 х 40 х 40 см на растениях табака *Nicotiana tabacum* L. сорта Вирджиния 202 (семена табака получены от Всероссийского научно-исследовательского института табака, махорки и табачных изделий, г. Краснодар, Россия) при температуре +24–26 °C и фотопериоде 16:8 L:D. Кормили хищников яйцами зерновой моли и пчелиной пыльцой.

Зерновую моль разводили по стандартной методике (Чалков, 1986) в зернах пшеницы и затем стерилизовали (научно-производственное предприятие ИННАПЕН). Далее яйца зерновой моли держали в холодильнике при +10 °C не более одной недели до подачи клопам в эксперименте. Зеленую мясную муху разводили по оригинальной методике, опираясь на мировой опыт выращивания мясных мух (Stadler, 2022). Культуру этого вида вели с 2019 года от особей, полученных из частной компании братьев Дунаевых. Эта селекционная линия мух отличается от природной популяции более крупными личинками. Имаго содержали в боксах с температурным режимом +23…+25 °C и фотопериодом 12:12 L:D. Короткодневный режим необходим для формирования личиночной диапаузы в потомстве мух (Saunders et al., 1986; Tachibana, Numata, 2004). Диапаузирующих личинок хранили в холодильнике при температуре + 6… +8 °C, где происходила их реактивация в течение 2–4 месяцев. Для воспроизводства маточной культуры использовали реактивированных личинок, которых выставляли в теплый бокс для окукливания. В садок объемом 160 дм³ помещали 3 тыс. пупариев, а также поилки для мух и контейнер с сухими кормами: сахар и сухое молоко. Самки приступали к яйцекладке через 8 суток после вылета. Яйца собирали 3 раза в неделю. Для сбора яиц в садок на 3–4 часа ставили контейнеры с кусочками свиных почек, которые также использовали в качестве корма для личинок. Яйца зеленой мясной мухи хранили в морозилке бытового холодильники при – 15 °C не более 40 дней до подачи в эксперименте.

Для эксперимента использовали нимф *M.pygmaeus* первого возраста, которых получали следующим образом: 2–3 половозрелых самки *M.pygmaeus* сажали на растения табака на стадии 2–4 листьев, корневую систему которых оборачивали во влажную вату, в контейнеры объемом 250 мл. Подавали корм яйца зерновой моли в избытке. Содержали самок в течение 48 часов, в течение которых они откладывали яйца в ткани растений табака, после чего самок удаляли с растений, которые держали в контейнерах при +24 °C в течение 12–13 суток (период эмбрионального развития) и отродившихся нимф первого возраста отсаживали кисточкой в экспериментальные контейнеры индивидуально.

Нимф *M. pygmaeus* первого возраста содержали в пластиковых контейнерах диаметром 90 мм с отверстиями в крышках диаметром 30 мм, затянутыми органзой. На дне каждого контейнера размещали увлажненный ватный диск с высечкой листа табака размером 2 х 3 см. Сверху на растение помещали карточку с яйцами. В эксперименте использовали карточку размером 1 х 1 см (примерно 40 яиц мухи для 1 нимфы), в контроле 1 х 0.5 см (примерно 250 яиц зерновой моли для 1 нимфы). (Предварительный эксперимент показал, что такое количество яиц для питания хищников является избыточным). Корм меняли на свежий каждые 48 часов. Ежедневно учитывали выживаемость и возраст нимф.

После выхода имаго, определяли их пол, взвешивали на весах Vibla (Япония) и объединяли в пары, которые содержали тем же способом, что и нимф, на тех же кормах. Каждой паре клопов подавали в опыте карточку с яйцами зеленой мясной мухи размером 1 х 2см (около 80 яиц), в

контроле – карточку 1 х 1 см с яйцами зерновой моли (около 500 яиц). При этом ежедневно меняли листья табака с отложенными яйцами клопов, которые затем перекладывали в чашки Петри диаметром 4 см на влажную вату и инкубировали в течение эмбрионального периода при температуре +24 °C. На 12-й день начинался выход нимф, которых подсчитывали и удаляли. На 13-й и 14-й день проводили ту же операцию и по сумме вышедших нимф рассчитывали плодовитость *M. pygmaeus*.

Опыт проводили четырехкратно по 16–21 нимф в каждой повторности. Поскольку все полученные данные не соответствовали нормальному распределению (при использовании Шапиро-Вилк теста), они приводились к виду, пригодному для применения методов параметрической статистики. Непрерывные переменные (продолжительность развития нимф по возрастам, продолжительность жизни имаго, преовипозиционный период, плодовитость и вес имаго), ранжировали для последующей оценки по t-критерию в то время как доли вышедших имаго, а также доли самок в популяции трансформировали при помощи арксинуса квадратного корня и затем полученные данные сравнивали по t-критерию (в программе Systat 12) при $p<0.05$.

Результаты и обсуждение

Яйца мухи *L. sericata* показали себя как благоприятный корм для содержания нимф и имаго хищного клопа *M. pygmaeus.* По сравнению с содержанием на яйцах *S. cerealella* при питании яйцами *L. sericata* продолжительность пяти нимфальных возрастов и всего периода развития клопа не имели отличий (Табл. 1). Продолжительность развития хищника составила 3.9, 3.1, 2.7, 3.3 и 4.5 суток в опытном варианте и 4.5, 2.9, 2.9, 3.1 и 4.6 суток в контрольном варианте для первого, второго, третьего, четвертого и пятого нимфальных возрастов, соответственно. Весь период развития клопа составил 17.4 суток в опыте и 17.9 суток в контроле. Доля вышедших имаго *M. pygmaeus* была высокой (84 % и 90 % для опыта и контроля) и также не имела различий между вариантами с яйцами мухи и моли (Табл. 1). Аналогично, доля самок в обоих вариантах была близка к 50 % (Табл. 2). В природе соотношение самок и самцов *M. pygmaeus* составляет 1:1 (Castane, Zapata, 2005). Продолжительность жизни как самок, так и самцов при питании на двух видах кормов также не различалась статистически. Самки жили 19.5 суток в опытном и 22.9 суток в контрольном вариантах; самцы – 19.0 суток и 23.2 суток, соответственно. Преовипозиционный период у самок в обоих вариантах был одинаковым и составил чуть более 4 суток. Вес как самцов, так и самок не зависел от типа корма. Самки весили в среднем 1.16 и 1.22 мг в опыте и контроле, самцы – 0.86 и 0.84 мг, соответственно (Табл. 2). В то же время, проявилась тенденция к снижению плодовитости самок *M. pygmaeus* при питании на яйцах мухи (22.8 нимфы/самку), по сравнению с яйцами ситотроги (31.8 нимф/самку), однако эти различия не были статистически достоверными ($p = 0.068$) (Табл.2).

В литературе в настоящее время мало исследований относительно кормления яйцами зеленой мясной мухи *L. sericata* каких-либо хищных насекомых. При питании яйцами *L. sericata* самки и самцы хищного клопа *O. majusculus* (Reuter) жили дольше по сравнению со стандартным кормом – яйцами домовой мухи *Musca domestica* L. (Мороз, 2010), а среднесуточная плодовитость и плодовитость за жизнь самок хищного клопа *O. laevigatus* были значительно больше при питании яйцами *L. sericata*, чем при питании яйцами *S. cerealella*. Таким образом, яйца зеленой мясной мухи, в целом, как и в нашем случае, при кормлении хищников рода *Orius* оказались благоприятным кормом. Представителей рода *Orius* кормили и яйцами других видов мух. Например, для двух видов *O. thripoborus* (Hesse) и *O. naivashae* (Poppius)

Таблица 1. Продолжительность развития нимф и доля вышедших имаго хищника *Macrolophus pygmaeus* при питании на яйцах *Lucilia sericata* и *Sitotroga cerealella*

Тип корма	Количество особей в эксперименте	Продолжительность развития, дни						Доля вышедших имаго
		1-й возраст	2-й возраст	3-й возраст	4-й возраст	5-й возраст	Весь период развития	
S. cerealella	62	4.5±0.18	2.9±0.09	2.9±0.08	3.1±0.12	4.6±0.13	17.9±0.22	0.90±0.019
L. sericata	56	3.9±0.12	3.1±0.13	2.7±0.07	3.3±0.11	4.5±0.12	17.4±0.15	0.84±0.034
P		0.082	0.829	0.397	0.970	0.284	0.166	0.211

Различий при попарном сравнении ранжированных данных в столбцах не обнаружено (по Критерию Стьюдента) ($p>0.05$).

Table 1. Duration of nymph development and quote of emerged adults of the predator *Macrolophus pygmaeus* fed on eggs of *Lucilia sericata* and *Sitotroga cerealella*

Feed type	Number of specimens in experiment	Duration of development, days						Quote of emerged adults
		1st instar	2nd instar	3rd instar	4th instar	5th instar	Whole period	
S. cerealella	62	4.5±0.18	2.9±0.09	2.9±0.08	3.1±0.12	4.6±0.13	17.9±0.22	0.90±0.019
L. sericata	56	3.9±0.12	3.1±0.13	2.7±0.07	3.3±0.11	4.5±0.12	17.4±0.15	0.84±0.034
P		0.082	0.829	0.397	0.970	0.284	0.166	0.211

Paired comparison of ranked data within columns showed no statistically significant differences according to t-test ($p>0.05$).

Таблица 2. Показатели жизненного цикла на стадии имаго хищного клопа *Macrolophus pygmaeus* при питании на яйцах *Lucilia sericata* и *Sitotroga cerealella*

Тип корма	Продолжительность жизни имаго				Доля самок	Преовипозиционный период		Плодовитость		Вес имаго			
	самки		самцы							самки		самцы	
	N	Дни	N	дни		N	дни	N	нимф*	N	мг	N	мг
S. cerealella	32	22.9±2.49	27	23.2±3.42	0.51±0.065	26	4.2±0.58	32	31.8±5.24	32	1.22±0.03	30	0.84±0.03
L. sericata	23	19.5±1.99	27	19.0±2.34	0.43±0.073	16	4.3±0.66	23	22.2±4.53	23	1.16±0.04	31	0.86±0.04
P	0.072		0.317		0.445	0.072		0.068		0.133		0.685	

N = число особей в эксперименте;
различий при попарном сравнении ранжированных данных в столбцах не обнаружено (по Критерию Стьюдента) ($p>0.05$);
* плодовитость учитывали по вышедшим нимфам первого возраста.

Table 2. Life cycle parameters of adult predatory bug *Macrolophus pygmaeus* fed on eggs of *Lucilia sericata* and *Sitotroga cerealella*

Feed type	Adult longevity				Quote of females	Preovipositional period		Fertility		Adult weight			
	females		males							females		males	
	N	days	N	days		N	days	N	nymphs*	N	mg	N	mg
S. cerealella	32	22.9±2.49	27	23.2±3.42	0.51±0.065	26	4.2±0.58	32	31.8±5.24	32	1.22±0.03	30	0.84±0.03
L. sericata	23	19.5±1.99	27	19.0±2.34	0.43±0.073	16	4.3±0.66	23	22.2±4.53	23	1.16±0.04	31	0.86±0.04
P	0.072		0.317		0.445	0.072		0.068		0.133		0.685	

N = number of specimens in experiment;
Paired comparison of ranked data within columns showed no statistically significant differences according to t-test ($p>0.05$);
* fertility estimated as number of emerged first instar nymphs.

питание яйцами средиземноморской мухи *C. capitata* имело разный эффект. Так, плодовитость за жизнь для самок *O. thripoborus* при питании яйцами средиземноморской мухи не отличалась от таковой при питании яйцами *E. kuehniella*, а для *O. naivashae* была ниже на 50 процентов. Авторы в целом оценили яйца *C. capitata* как пригодные или немного худшие по питательности в сравнении с яйцами *E. kuehniella* (Bonte et al., 2017).

Особей *M. pygmaeus* при кормлении яйцами *L. sericata* мы содержали индивидуально, поэтому не был учтен каннибализм, который имеет место быть при массовом содержании клопов на неблагоприятном виде корма (Bonte et al., 2017; Pazyuk 2023). Однако, некоторые исследователи пришли к выводу о том, что каннибализм обычно не является серьезным препятствием для массового культивирования хищных полужесткокрылых при доступности пищи, влаги и укрытия (De Clercq et al., 2023).

Наше исследование показало, что яйца зеленой мясной мухи, как и цисты рачков *Artemia* spp. (Pazyuk, Reznik, 2023), можно рекомендовать для частичной замены яиц чешуекрылых на определенных этапах массового производства. Таким образом, стоимость производства энтомофага может быть снижена, так как хищные насекомые могут быть произведены на альтернативном, более дешевом корме (De Clercq et al., 2023). Кроме того, при культивировании хищных клопов, как показано на примерах *Podisus maculiventris* (Say) и *Perillus bioculatus* (Fabricius), в ряду поколений возможна адаптация к альтернативному корму, ведущая к улучшению количественных показателей энтомофагов (De Clercq et al., 2023). Проверке этой гипотезы в отношении массового разведения *M. pygmaeus* будут посвящены наши будущие исследования.

В целом, использование яиц *L. sericata* как побочного продукта массового производства может значительно снизить затраты на кормление энтомофагов. Тем не менее, этот вопрос требует дальнейшего детального изучения.

Благодарности

Исследование поддержано проектом Российского Научного Фонда № 23-16-00262.

Библиографический список (References)

Асякин БП, Красавина ЛП (2009) Технологический регламент на производство и применение маролофуса *Macrolophus nubilus* H.S. (сем. Miridae, Heteroptera). В кн.: Павлюшин ВА (ред) Биотехнологии создания биологических средств защиты растений на основе энтомогфагов *Nesidiocoris tenuis* Reut. и *Macrolophus nubilus* H.-S. (сем. Miridae, Heteroptera). Инновационный центр защиты растений. 24–36.

Козлова ЕГ, Ходжаш АА (2019) Оценка влияния двух кормов на выживаемость многоядного клопа-слепняка Macrolophus pygmaeus (Ramb.). Сборник тезисов докладов конференции «Фитосанитарные технологии в обеспечение незивисимости и конкурентоспособности АПК России». Санкт-Петербург. 125.

Крижанівська ТВ (1983) Використання хижого клопа *Macrolophus nubilis* H. S. (Heteroptera, Miridae) для

захисту овочевих культур закритого грунту. *Захист рослин* 30:31–34.

Крыжановская ТВ, Тронь НМ (1987) К вопросу разведения энтомофагов для закрытого грунта. Тезисы докладов научно-практической конференции «Защита сельскохозяйственных растений в условиях применения интенсивных технологий». Минск. 1:116

Мороз МС (2010) Оптимізація розведення зоофагів із родини *Anthocoridae* за рахунок розширення видового складу їх господарів. *Науковий вісник Раціонального університету біоресурсів і природокористування України.* 145:168–180

Чалков АА (1986) Биологическая борьба с вредителями овощных культур защищенного грунта. Москва: Россельхозиздат. 95.

Agusti N, Castane C, Fraile I, Alomar O. (2020) Development of a PCR-based method to monitor arthropod dispersal in agroecosystems: *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) from banker plants to tomato crops. *Insect Sci* 27:1125–1134. https://plantprotect.ru/10.1111/1744-7917.12717

Alomar O, Riudavets J, Castane C (2006) *Macrolophus caliginosus* in the biological control of *Bemisia tabaci* on greenhouse melons. *Biol Control* 36:154–162

Bonato O, Couton L, Fargues J. Feeding Preference of *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae) on *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) *J Econ Entomol* 99(4):1143–1151

Bonte J, Van de Walle A, Conlong D, De Clercq P (2017) Eggs of *Ephestia kuehniella* and *Ceratitis capitata*, and motile stages of the astigmatid mites *Tyrophagus putrescentiae* and *Carpoglyphus lactis* as factitious foods for *Orius* spp. *Insect Sci* 24(4):613–622. https://doi.org/10.1111/1744-7917.12293

Castane C, Zapata R (2005) Rearing the predatory bug *Macrolophus caliginosus* on a meat-based diet. *Biol Control* 34:66–72

Cicková H, Newton GL, Lacy RC, Kozánek M (2015) The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Manag* 35:68–80

De Backer L, Wäckers FL, Francis F, Verheggen FJ (2015) Predation of the peach aphid *Myzus persicae* by the mirid predator *Macrolophus pygmaeus* on Sweet Peppers: effect of prey and predator density. *Insects* 6:514–523. https://10.3390/insects6020514

De Clercq P, Coudron TA, Riddick EW (2023) Production of heteropteran predators. 37–69. In book: Morales-Ramos JA, Rojas MG, Shapiro-Ilan DI (ed) Mass Production of Beneficial Organisms. Invertebrates and Entomopathogens. Second Edition 620 p.

Enkegaard A, Brødsgaard HF, Hansen DL (2001) *Macrolophus caliginosus*: Functional response to whiteflies and preference and switching capacity between whiteflies and spider mites. *Entomol Exp Appl* 101:81–88

Farina A, Massimino Cocuzza GE, Suma P, Rapisarda C (2023) Can *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) mitigate the damage caused to plants by *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae)? *Insects* 14:164. https://doi.org/10.3390/insects14020164

Kerzhner IM, Josifov M (1999) Comicomopha II / In book: Aukema B, Rieger Ch (ed) Catalog of the Heteroptera of Palearctic region. Hethrland Enthomological Society. 3:577

Leman A, Ingegno BL, Tavella L, Janssen A et al., (2020) The omnivorous predator *Macrolophus pygmaeus*, a good candidate for the control of both greenhouse whitefly and poinsettia thrips on gerbera plants. *Insect Sci* 27:510–518. https://doi.org/10.1111/1744-7917.12655

Lykouressis DP, Perdikis D CH, Gaspari MD (2007) Prey preference and biomass consumption of *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) fed *Myzus persicae* and *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae) *Eur J Entomol* 104:199–204

Masiero FS, Silva DG, Luchese M, Estercio T et al., (2019) In vitro evaluation of the association of medicinal larvae (Insecta, Diptera, Calliphoridae) and topical agents conventionally used for the treatment of wounds. *Acta Trop* 190:68–72

Mendes S.M, Bueno VHP, Argolo VM, Silveira LCP (2002) Type of prey influences biology and consumption rate of *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera, Anthocoridae). *Revista Brasileira de Entomologia* 46 (1):99–103

Naik G, Harding KG (2017) Maggot debridement therapy: The current perspectives. *Chronic Wound Care Manag Res* 4:121–128

Nannini M, Souriau R (2009) Suitability of *Ceratitis capitata* (Diptera, Thephritidae) eggs as food source for *Macrolophus pygmaeus* (Heteroptera, Miridae). *Integrated Control in Protected Crops: proceedings of the IOBC/WPRS Working Group, Crete, Greece, 6–11 September 2009. IOBC/WPRS Bulletin* 49:323–328

Pazyuk IM (2023) Evaluation of diets for mass rearing of the predatory bug *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera, Heteroptera, Miridae). *Plant Protection News* 106(2):100–103. https://doi.org/10.31993/2308-6459-2023-106-2-15517

Pazyuk IM, Reznik SYa (2023) On the prospects of rearing the predatory bug *Orius laevigatus* (Fieber) (Heteroptera, Anthocoridae) on cysts of *Artemia salina* Leach (Crustacea, Anostraca*). Entomological Review* 103(3):263–269. https://doi.org/10.1134/S0013873823030028

Perdikis DCh, Lykouressis DP (2002) Life table and biological characteristics of *Macrolophus pygmaeus* when feeding on *Myzus persicae* and *Trialeurodes vaporariorum*. *Entomol Exp Appl* 102:261–272

Rabêlo KC, Thyssen PJ, Salgado RL, Araújo MS et al., (2011) Bionomics of two forensically important blowfly species *Chrysomya megacephala* and *Chrysomya putoria* (Diptera: Calliphoridae) reared on four types of diet. *Forensic Sci Int* 210:257–262

Radev Z (2024) The important role of *Macrolophus costalis* Fieber, 1858 (Hemiptera: Miridae) as a bio agent against *Myzus persicae* Sulzer, 1776 (Hemiptera: Aphididae) in tobacco. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 89(1):67–71.

Saunders DS, Macpherson JN, Cairncross KD (1986) Maternal and larval effects of photoperiod on the induction of larval diapause in two species of fly, *Calliphora vicina* and *Lucilia sericata*. *Exper Biol* (46):51–58

Sherman RA, Hall MJR, Thomas S (2000) Medicinal maggots: An ancient remedy for some contemporary afflictions. *Annu Rev Entomol* 45:55–81

Stadler F (2022) A complete guide to maggot therapy: clinical practice, therapeutic principles, production, distribution, and ethics. Cambridge: Open Book Publishers. https://doi.org/10.11647/OBP.0300.

Tachibana S-I, Numata H (2004) Effects of temperature and photoperiod on the termination of larval diapause in *Lucilia sericata* (Diptera: Calliphoridae). *Zool Sci* 21(2):197–202

Vandekerkhove B, Parmentier L, Van Stappen G, Grenier S et al., (2009) *Artemia* cysts as an alternative food for the predatory bug *Macrolophus pygmaeus*. *J Appl Entomol* 133(2):133–142. https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2008.01332.x

van Lenteren JC, Alomar O, Ravensberg W J, Urbaneja A (2020) Biological control agents for control of pests in greenhouses. In book: Gullino ML, Albajes R, Nicot PC (ed) Integrated pest and disease management in greenhouse crops. Second Edition. Springer. 691 p.

Zappala L, Biondi A, Alma A, Al-Jboory IJ et al., (2013) Natural enemies of the South American moth, Tuta absoluta, in Europe, North Africa and Middle East, and their potential use in pest control strategies. *J Pest Sci* 86:635–647. https://doi.org/10.1007/s10340-013-0531-9

Translation of Russian References

Asyakin BP, Krasavina LP (2009) Technological regulations for the production and use of the marolofus *Macrolophus nubilus* H.S. (family Miridae, Heteroptera). In: Pavlyushin VA (ed) Biotechnologies for the creation of biological plant protection products based on the entomophages *Nesidiocoris tenuis* Reut. and *Macrolophus nubilus* H.-S. (fam. Miridae, Heteroptera). Innovatsionnyy tsentr zashchity rasteniy. 24–36 (In Russian)

Kozlova EG, Khodzhash AA (2019) Evaluation of the effect of two feeds on the survival of the polyphagous blind bug *Macrolophus pygmaeus* (Ramb.). Abstr. Conf "Phytosanitary technologies in ensuring the independence and competitiveness of the agro-industrial complex of Russia". St. Petersburg. 125 (In Russian)

Kryzhanivska TV (1983) Use of the predatory bug *Macrolophus nubilis* H. S. (Heteroptera, Miridae) for protection of vegetable crops in closed ground. *Zakhyst Roslyn* 30:31–34. (In Ukrainian)

Kryzhanovskaya TV, Tron NM (1987) To the question of breeding entomophages for greenhouses. Abstr. Sci-Pract. Conf "Agricultural crop protection under conditions of application of intensive technologies". Minsk. 1:116 (In Russian)

Moroz MS (2010) Optimization of breeding of zoophages from the family Anthocoridae by expanding the species composition of their hosts. *Naukovyy visnyk Ratsionalnogo universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy* 145:168–180. (In Ukrainian)

Chalkov AA (1986) Biological control of pests of protected ground vegetable crops. Moscow: Rosselkhozizdat. 95 (In Russian)

Plant Protection News, 2025, 108(2), p. 117–122

OECD+WoS: 1.06+IY (Entomology); 4.01+AM (Agronomy) https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-2-16795

Short communication

EVALUATION OF *LUCILIA SERICATA* (DIPTERA, CALLIPHORIDAE) EGGS AS A FOOD FOR THE PREDATORY BUG *MACROLOPHUS PYGMAEUS* (HETEROPTERA, MIRIDAE)

D.P. Kanaykin, I.M. Pazyuk*, A.P. Nesin, Y.S. Tokarev

All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

**corresponding author, e-mail: ipazyuk@gmail.com*

Under laboratory conditions, life cycle parameters of the predatory bug *Macrolophus pygmaeus* were compared when fed with an alternative (eggs of the common green bottle fly *Lucilia sericata*) and the standard feed (eggs of the Angoumois grain moth *Sitotroga cerealella*). Bugs were kept individually to prevent mortality due to the cannibalism. The nymphal development, the survival rate of adults, the lifespan of males and females, their weight and the proportion of females in the culture fed with the alternative feed didn't differ from those obtained using the standard feed. The difference of female fertility between the experimental and standard variants were not statistically significant as well. In general, the fly eggs could be considered a suitable feed for the predatory bug *M. pygmaeus* and recommended for partial substitution of the lepidopteran insect eggs.

Keywords: mass rearing, entomophagous insects, predatory bugs, biocontrol, alternative feed, developmental rate, fecundity

Submitted: 27.02.2025 *Accepted: 14.05.2025*

© Kanaykin D.P., Pazyuk I.M., Nesin A.P., Tokarev Y.S., published by All-Russian Institute of Plant Protection (St. Petersburg). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

OECD+WoS: 1.06+IY (Entomology) https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-2-17044

Short communication

REARING OF THE BEET WEBWORM *LOXOSTEGE STICTICALIS* (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) UNDER LABORATORY CONDITIONS USING AN ARTIFICIAL DIET

E.A. Chertkova[1]*, A.A. Alekseev[1,2]

[1]*Institute of Systematics and Ecology of Animals, Novosibirsk, Russia*
[2]*Voevodsky Institute of Chemical Kinetics and Combustion, Novosibirsk, Russia*

**corresponding author, e-mail: chertkaterina@yandex.ru*

The beet webworm *Loxostege sticticalis* is an economically important polyphagous pest causing serious damage to many agricultural crops. The work is devoted to the development of the methodology of propagation of beet webworm on an artificial diet. The peculiarities of the beet webworm maintenance at all stages of development are described. The weight of *L. sticticalis* pupae obtained from the larvae fed on natural feed (leaves of the burdock *Arctium lappa*) and artificial diet was compared. The results showed that there were no decrease in pupal weight after transferring insects to the artificial diet and maintenance for 50 generations. This indicates a sufficient accumulation of reserve substances during larval feeding with the diet. We have developed the method of continuous rearing the beet webworm on artificial diet, which allows continuously obtaining insects in laboratory conditions.

Keywords: permanent culture, laboratory maintenance, substitute feed, polyphagous lepidopterans

Submitted: 05.05.2025 *Accepted: 25.06.2025*

Introduction

The beet webworm *Loxostege sticticalis* L. (Lepidoptera: Crambidae) is considered one of the most dangerous pests throughout Eurasia, including northern China and the steppe zones of European and Asian parts of Russia, due to its high damage rate, wide polyphagia and migration patterns. It causes serious damage to such crops as sugar beet, soybean, alfalfa, sunflower, corn and cereals. To date, more than 50 families and more than 300 species of plants damaged by larvae of *L. sticticalis* have been registered (Xiang et al., 2013; Malysh et al., 2020).

The migration distances of *L. sticticalis* adults can reach several hundred kilometers, with long-distance flights in the continental system of atmospheric fronts being a characteristic feature (Melnichenko, 1936; Makarova, Doronina, 1994).

The beet webworm is a host for parasites, predators and pathogens that can contribute significantly to the regulation of its population. However, examination of the interactions of the beet webworm with its natural enemies requires continuous maintenance of this pest throughout the year, rather than studying it only during periods of mass reproduction, as is currently done. In addition, working with the beet webworm is further complicated by long periods of population decline, when the insect can hardly be found in the wild.

An important feature in laboratory rearing of the beet webworm is the ability to synchronize the development of larvae with high precision (within 1–2 h), which is very important for the study of physiological and biochemical parameters. This makes it a very convenient laboratory model for physiological, biochemical, microbiological and toxicological studies.

To date, there are very few works describing the maintenance of the beet webworm in laboratory conditions on artificial diet (Kaçar et al., 2023). In addition, this artificial diet is mainly composed of forage plant (Wu et al., 2012), which certainly makes it difficult to reproduce. Therefore, the aim of the present work is to develop a methodology for year-round maintenance of the beet webworm *L. sticticalis* on artificial diet consisting of available ingredients and to obtain a permanent laboratory insect line.

Materials and Methods

The laboratory line of the beet webworm *L. sticticalis* originated from 30 moths caught in the vicinities of the city of Krasnoyarsk in August 2021. The moths were kept at 26 °C and a long-day photoperiod (18:6 h) in 500 ml glass jars. For efficient collection of the eggs, the bottom and walls of the jars were lined with paper and covered with gauze. The moths were fed with 15 % honey syrup, which was abundantly applied to cotton balls, placed inside the jars. The cotton balls were replaced daily with fresh ones. Paper sheets with laid eggs (Fig. 1A) were collected every second day and placed in glass Petri dishes (11 cm in diameter) with a cotton ball moistened with distilled water to maintain a sufficient level of humidity (at least 60 %). Petri dishes with eggs were placed in a thermostat at 26 °C. Larvae began to hatch 2 days after egg laying.

Immediately after hatching, a portion (1.5 g) of the artificial diet (see below) was placed into the Petri dish. The feed was provided in the form of a stripe, placed along the inner edge of the Petri dish to cover about 1/6 of its circumference. The feed was replaced every second day. Up to 200 first-second instars were kept per Petri dish. After larvae molted to the third instar, the diet was placed in the center of the inner side of the

© Chertkova E.A., Alekseev A.A., published by All-Russian Institute of Plant Protection (St. Petersburg).
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

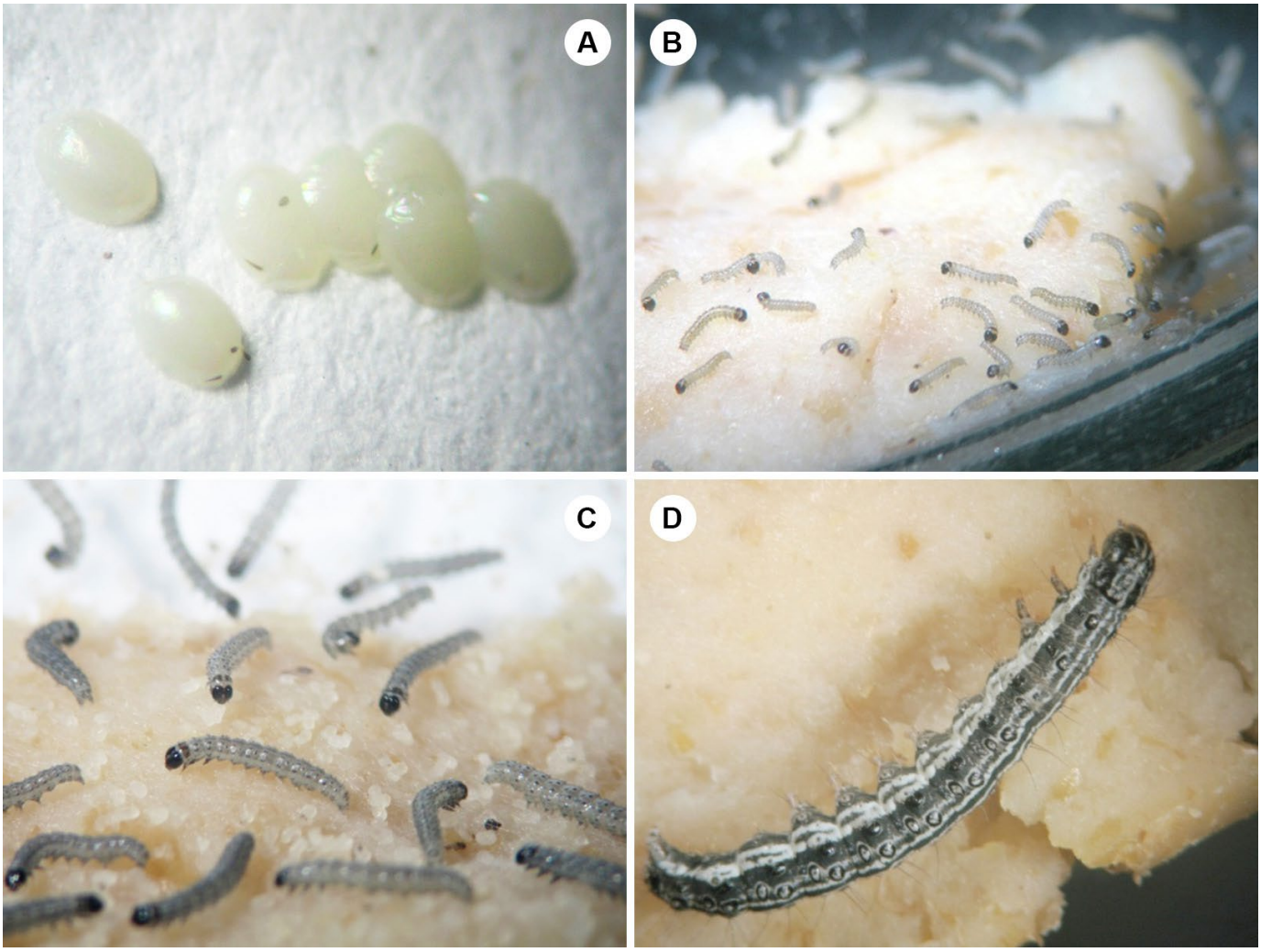


Figure 1. The eggs (A), first (B), third (C), and fifth (D) instar larvae of beet webworm *Loxostege sticticalis* reared under laboratory conditions on artificial diet

Рисунок 1. Яйца (A) и гусеницы первого (B), третьего (C) и пятого (D) возрастов лугового мотылька *Loxostege sticticalis* при выращивании в лабораторных условиях на искусственной питательной среде

Petri dish lid; and the number of larvae was reduced as not to exceed 100 individuals per dish. Fourth instars were kept at the density of 20 individuals per dish. After molting to the fifth instar, larvae were placed in 500 mL glass jars in groups of 50 to complete larval feeding and proceed to pupation. A portion of diet (7–10 g) was placed on the inner surface of the jar walls. Alternatively, fresh leaves of the burdock *Arctium lappa* were provided as feed throughout the larval development. Finely shredded paper (80 g/cm^2) was used as the substrate for pupation. The jars were capped with lids possessing fine metal mesh inserts for ventilation.

The artificial diet was developed based on methodology proposed for the European corn borer *Ostrinia nubilalis* (Frolov et al., 2019) and the cotton moth *Spodoptera littoralis* (Sayed et al., 2021). The composition of artificial diet was modified with the replacement of some ingredients, and the resulting formulation was tested on a laboratory population of beet webworm during three years of continuous maintenance. The major nutritive components of the diet were the yeast powder, soy flour, wheat bran, and corn meal, supplemented with agar for solidification. Other essential additives included alpha-tocopherol in sunflower oil and ascorbic acid. Benzoic acid served as a preservative (Table 1).

To prepare the ready-to-use diet, the agar was thoroughly mixed with distilled water melt on an electric stove, benzoic acid added, and brought to a boil. Then the mixture was cooled to 70–75 °C and thoroughly mixed with the dry nutritive components. Ascorbic acid was dissolved in 5 ml of distilled water, while alpha-tocopherol was added to sunflower oil. These ingredients were added to the main mixture after it was cooled to 50–55 °C. The diet was finally mixed to prepare a homogeneous mass, poured into Petri dishes for solidification at room temperature, and stored in the refrigerator for no more than 14 days.

Beet webworm pupae were kept in shredded paper at the temperature of 26 °C until the moths emerged (about 14 days). The latter were transferred to 500 mL glass jars in the groups of 10, at the 1:1 sex ratio. After emerging, moths needed additional nutrition, provided in the form 15 % honey syrup. Without feeding, the females remain sterile and males lose the ability to copulate repeatedly (Knorr et al., 1997).

For weight measurements, the pupae from each experimental group were collected and subdivided into males and females to evaluate separately. The laboratory scales Adventurer (Ohaus) were used to determine pupal weight. For statistical analysis, Student's t-test was exploited.

Table 1. Composition of the artificial diet utilized for feeding the beet webworm larvae

Ingredient	Quantity
Agar	3.8 g
Brewer's yeast powder	7.5 g
Soy flour	21 g
Wheat bran	8.5 g
Corn meal	15 g
Sunflower oil	1 mL
Alpha-tocopherol (added to the oil)	20 µL
Ascorbic acid	1.3 g
Benzoic acid	0.75 g
Distilled water	220 mL

Таблица 1. Состав искусственной питательной среды, используемой для кормления гусениц лугового мотылька

Ингредиент	Количество
Агар	3.8 г
Пивные дрожжи (порошок)	7.5 г
Соевая мука	21 г
Пшеничные отруби	8.5 г
Кукурузная крупа	15 г
Подсолнечное масло	1 мл
Альфа-токоферол (добавляется в масло)	20 мкл
Аскорбиновая кислота	1.3 г
Бензойная кислота	0.75 г
Дистиллированная вода	220 мл

Results and Discussion

The pupal weight is known to be the key parameter, as its value is determined by the "quality of life" throughout the larval stage, the amount of reserve substances accumulated in the fat body during larval development (Alekseev, 2000). The pupal weight plays an important role in the induction of diapause, which is an important adaptation that allows insects to avoid unfavorable environmental conditions (Liu et al., 2010). Thus, it can serve as an integral indicator of insect fitness and premature developmental success.

We compared weight of the beet webworm pupae reared on artificial vs natural feed. In females, the values were nearly the same, reaching 32±4.3 mg in the case of burdock leaves (number of examined pupae N=37) and 35±4.1 mg in the case of artificial diet (N=21). As for males, the pupae weighted 26.8±5.0 mg (n=37) and 33.6±3.2 mg (n=21), in the cases of leaves and diet, respectively (Fig. 2). And though there was a tendency of slightly higher values of pupal weight in insects reared on artificial diet, these differences were not statistically significant. Obviously, a sufficient amount of reserve substances was accumulated during larval development on both types of feed.

The beet webworm is polyphagous and can feed on a rather broad range of forage plants both in nature and laboratory. According to our observations, the burdock is among the preferred plant species. Its leaves are relatively thick, stay fresh after being cut for several days and can be stored in a refrigerator. During the vegetation season, it served as the forage plant to rear hordes of beet webworm larvae without loss of fitness over generations. It was therefore used as a handy model of the forage plant when artificial diet came into play. Interestingly, the pupal weight was not decreased after rearing insects on artificial diet for 50 generations. Therefore, all the necessary pre-requisites have been met to found and maintain the permanent laboratory culture of the pest.

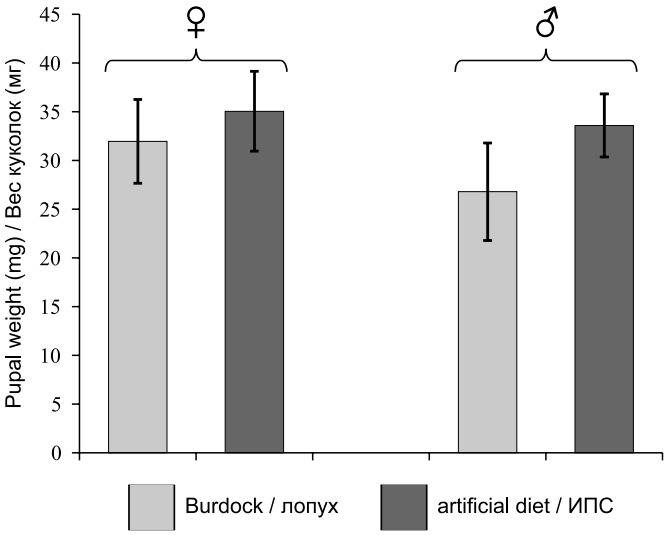


Figure 2. Pupal weight of the beet webworm *Loxostege sticticalis* reared on the burdock leaves vs artificial diet. Mean value ± confidence interval

Рисунок 2. Вес куколок лугового мотылька *Loxostege sticticalis*, выращенного на листьях лопуха или на искусственной питательной среде (ИПС). Средние значения ± доверительный интервал

Conclusion

Based on the obtained results, we can judge that the designed artificial diet is a worthy substitute for the natural feed and allows year-round maintenance of the beet webworm *L. sticticalis* in laboratory conditions. A stable laboratory line (50 generations) is obtained.

Acknowledgements

The authors are indebted to Yuri S. Tokarev (All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia) for the batch of the wild-caught moths of the beet webworm. The work was performed with the financial support of Federal Fundamental Scientific Research Program, project # 1021051703454-5-1.6.12 (artificial diet design) and Russian Science Foundation grant 23-16-00262 (rearing the permanent culture of the beet webworm and pupal weight evaluation on two types of feed).

References

Alekseev AA (2000) Study of density-dependent phase polymorphism of the beet webworm *Loxostege sticticalis L.* (Lepidoptera, Pyraustidae). *PhD Thesis Abstract.* Novosibirsk. 20 p. (In Russian)

Frolov AN, Berim MN., Grushevaya IV (2019) Rearing of trilobed male uncus *Ostrinia* species in laboratory for experimental purposes. *Plant Protection News*. 3(101):58–62. https://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-3(101)-58-62

Kaçar, G., Atay, E., Koca, A. S., Şahin, B. (2023). Çayır tırtılı, *Loxostege sticticalis* L. (Lepidoptera: Crambidae)'in yeni yayılış alanları ve teşhis karakterleri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 28(1):153–165. https://doi.org/10.37908/mkutbd.1166242

Knorr IB, Bakhvalov SA, Naumova EV (1997) Population dynamics of the meadow moth and problems of its forecasting. In: Control of invertebrates and phytopathogens regulation. Novosibirsk: ISEA. 7–18 (In Russian)

Liu Z, Gong P, Li D, Wei W (2010) Pupal diapause of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) mediated by larval host plants: pupal weight is important. *J Insect Physiol* 56(12):1863–1870. https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2010.08.007

Makarova LA, Doronina GM (1994) Synoptic method for forecasting long-distance migrations of pests. St. Petersburg: Gidrometeoizdat. 200 p. (In Russian)

Malysh J, Tokarev Y, Malysh S, Xingfu J, Frolov A (2020) Biodiversity of beet webworm microsporidia in Eurasia. *BIO Web Conf* 00019. https://doi.org/10.1051/bioconf/20201800019

Melnichenko AN (1936) Regularities of mass migrations of the meadow moth and the problem of building a forecast of its arrivals. *Works on Plant Protection* 17: 54 p. (In Russian)

Sayed WAA, El-Helaly A, Jamal ZA et al (2021) Effect of a low cost diet on the cotton leaf worm, *Spodoptera littoralis* nucleopolyhedrosis virus pathogenicity and sterile insect technique. *Egypt J Biol Pest Control* 31:117. https://doi.org/10.1186/s41938-021-00464-9

Wu JH., Liu AP, Xu LB, Gao SJ, Han B, Kang AG, Zhang YH (2012) Effects of artificial diets on digestive enzyme activities in *Loxostege sticticalis*. *Acta Agrestia Sinica* 20(6):1169.

Xiang H, Liu A, Gao S, Xu L, Liu C, Miao L et al (2013) Biological characteristics of *Exorista civilis*, a dominant parasitoid of *Loxostege sticticalis* L. *Animal Husbandry Feed Sci* 5:219–223.

Вестник защиты растений, 2025, 108(2), с. 123–126

OECD+WoS: 1.06+IY (Entomology) https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-2-17044

Краткое сообщение

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ ЛУГОВОГО МОТЫЛЬКА *LOXOSTEGE STICTICALIS* (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОЙ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

Е.А. Черткова[1]*, А.А. Алексеев[1,2]

[1]*Институт Систематики и Экологии Животных, Новосибирск*

[2]*Институт Химической Кинетики и Горения им. В.В. Воеводского, Новосибирск*

**ответственный за переписку, e-mail: chertkaterina@yandex.ru*

Луговой мотылек *Loxostege sticticalis* – экономически важный вредитель, полифаг, наносящий серьезный ущерб многим сельскохозяйственным культурам. Работа посвящена разработке методики культивирования лугового мотылька на искусственной питательной среде. Описаны тонкости разведения лугового мотылька на всех стадиях развития. Проведено сравнение веса куколок лугового мотылька, выращенного на естественном (листья лопуха *Arctium lappa*) и искусственном корме. Результаты показали отсутствие снижения веса куколок при переводе насекомых на искусственную питательную среду и выращивании в течение 50 поколений, что свидетельствует о достаточном накоплении резервных веществ при питании гусениц. Таким образом, разработан метод лабораторного культивирования лугового мотылька на искусственной питательной среде и создана постоянная лабораторная культура, что позволяет круглогодично получать насекомых для исследовательских целей.

Ключевые слова: постоянная культура, лабораторное содержание, альтернативный корм, чешуекрылые полифаги

Поступила в редакцию: 05.05.2025 *Принята к печати: 25.06.2025*

© Черткова Е.А., Алексеев А.А. Статья открытого доступа, публикуемая Всероссийским институтом защиты растений (Санкт-Петербург) и распространяемая на условиях Creative Commons Attribution License 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

ВТОРАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ КЛУБНЕВЫХ И КОРНЕПЛОДНЫХ КУЛЬТУР (КОРНЕПЛОДЫ И КЛУБНИ – 2025)»

Время проведения: 20-21 ноября 2025 года

Место проведения:
Экономический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова (Третий учебный корпус МГУ, Ленинские горы, д. 1, стр. 46)

Организаторы конференции:
Евразийский центр по продовольственной безопасности МГУ имени М.В. Ломоносова
Экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха

Тематические треки конференции:

1. Состояние и перспективы развития отрасли
2. Технологии возделывания и хранения
3. Защита от болезней, вредителей и сорняков, новые препараты и опыт их применения
4. Перспективные направления селекции
5. Семеноводство и производство оздоровленного семенного материала
6. Новые технологии переработки, получение продуктов здорового и функционального питания
7. Изучение возбудителей болезней и вредителей
8. Снижение экологической нагрузки на окружающую среду при выращивании и переработке продукции

Заявки и материалы для публикации принимаются до **15.09.2025 г.** по электронной почте: korneplodmsu@list.ru

Информационное письмо: http://kartofel.org/

THE SECOND INTERNATIONAL CONFERENCE “PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF PRODUCTION AND PROCESSING OF TUBER AND ROOT CROPS (ROOT CROPS AND TUBERS – 2025)”

Date: November 20-21, 2025

Venue:
Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University (Third Academic Building of Moscow State University, Leninskiye Gory, 1, building 46)

Conference Organizers:
Eurasian Center for Food Security, Lomonosov Moscow State University
Economics Department, Lomonosov Moscow State University
A.G. Lorkh Federal Potato Research Center

Conference Topics:

1. Status and development prospects of the industry
2. Cultivation and storage technologies
3. Protection from diseases, pests and weeds, new preparations and experience of their use
4. Promising areas of selection
5. Seed production and production of healthy seed material
6. New processing technologies, obtaining healthy and functional food products
7. Study of pathogens and pests
8. Reducing the environmental impact on the environment during cultivation and processing of products

Applications and materials for publication are accepted until **09/15/2025** by e-mail: korneplodmsu@list.ru

Information Letter: http://kartofel.org/

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННОГО РЕДАКТИРОВАНИЯ ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ»

Редакция журнала «Вестник защиты растений» сообщает, что первичная подача рукописей к рассмотрению осуществляется через систему электронного редактирования, доступную на сайте журнала: https://plantprotect.ru

Правила для авторов подробно изложены по адресу https://plantprotect.ru/index.php/vizr/about/submissions

В связи с возможными техническими сбоями в работе системы автоматических оповещений, переписка с авторами и рецензентами может параллельно вестись через электронную почту.

Редакция: vestnik@vizr.spb.ru

Заместитель главного редактора: ytokarev@vizr.spb.ru

ELECTRONIC EDITING SYSTEM OF THE JOURNAL “PLANT PROTECTION NEWS”

The Editorial Office of the journal «Plant Protection News» informs that the initial submission of manuscripts for review is carried out through the electronic editing system available at the journal’s website: https://plantprotect.ru

The authors’ guidelines are detailed at https://plantprotect.ru/index.php/vizr/about/submissions

Due to possible technical failures in the operation of the automatic notification system, correspondence with authors and reviewers can be carried out in parallel via e-mail.

Editorial Office: vestnik@vizr.spb.ru

Deputy Editor: ytokarev@vizr.spb.ru

Научное издание

Индекс ПМ790

Подписано к печати 15 августа 2025 г.

Формат 60x84/8. Объем 9 п.л. Тираж 200 экз.

Заказ

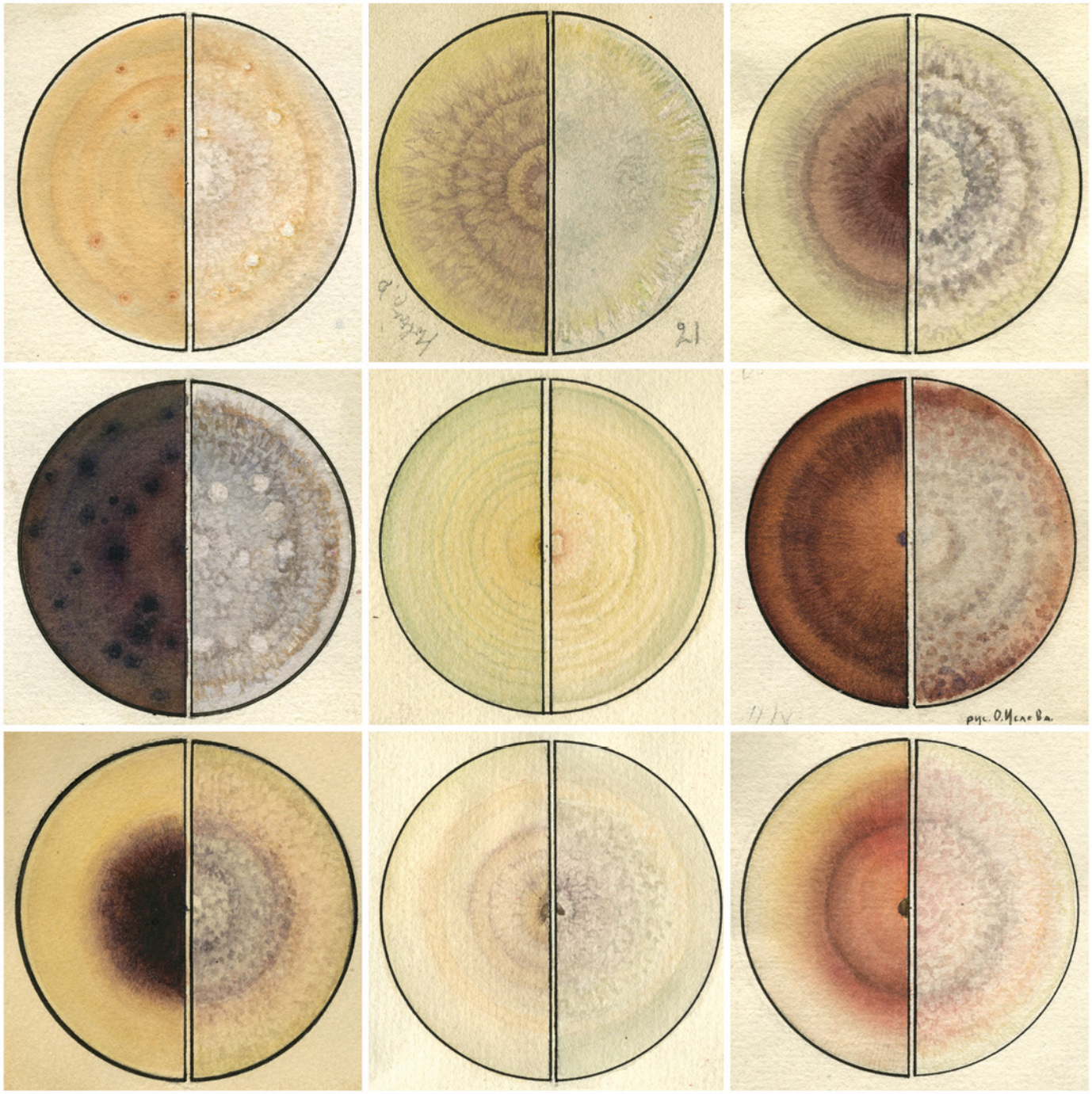


рис. Т. Шмидт

рис. Т. Шмидт.

рис. Т. Шмидт.

рис. Т. Шмидт.

рис. Т. Шмидт.

рис. Т. Шмидт.

Индекс ПМ790