



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

# В Е С Т Н И К ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

## PLANT PROTECTION NEWS

2025 TOM  
VOLUME 108 ВЫПУСК  
ISSUE 4



Санкт-Петербург  
St. Petersburg, Russia

Для оформления обложки использованы фотографии верхушечного усыхания ясеня, вызванного ясеневой изумрудной узкотелой златкой *Agrilus planipennis*, и характерных повреждений стволов личинками. Из статьи Н.Н. Карпун, Н.И. Кириченко (стр. 276–282) [ориг.]

The cover design includes the photos of ash dieback, caused by the emerald ash borer *Agrilus planipennis*, and typical trunk damage by the larvae; from the article by N.N. Karpun and N.I. Kirichenko (pp. 276–282) [orig.]

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)

# **В Е С Т Н И К**

# **ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ**

---

## **PLANT PROTECTION NEWS**

**2025** TOM  
VOLUME **108** ВЫПУСК  
ISSUE **4**

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

Редактор англоязычных текстов: 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, входит в «Белый Список» –**

**Единый государственный перечень научных изданий**

## 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.*, дсxn, 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.*, дсxn, СПбГАУ

*Лаптев 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.*, дсxn, академик РАН, ВИЛАР

*Синев С.Ю.*, дбн, ЗИН

*Соколова Ю.Я.*, дбн, США

*Сорока С.В.*, дсxn, профессор, Белоруссия

*Сухорученко Г.И.*, дсxn, 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., Ганнибал Ф.Б., Новикова И.И., Токарев Ю.С.

Россия, 196608, Санкт-Петербург – Пушкин, шоссе Подбельского, 3, ВИЗР

Email: [vestnik@vizr.spb.ru](mailto: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**Грибы рода *Tilletia* на пшенице: биологические и экологические особенности, распространение, вредоносность и методы диагностики****Е.И. Гуляева, Е.Л. Шайдаюк, И.А. Казарцев, Ф.Б. Ганнибал***Tilletia* fungi on wheat: biological and ecological features, distribution and harmfulness

E.I. Gulyaeva, E.L. Shaydayuk, I.A. Kazartsev, Ph.B. Gannibal . . . . . 201

**Ассоциированные с подсолнечником микромицеты и их значимость как возбудителей болезней в России****Е.В. Полуэктова, Ф.Б. Ганнибал, Т.Ю. Гагкаева, М.М. Гомжина**

Fungi associated with sunflower and their significance as pathogens in Russia

E.V. Poluektova, Ph.B. Gannibal, T.Yu. Gagkaeva, M.M. Gomzhina . . . . . 218

Полнотекстовые статьи / Full-text articles**Черный зародыш пшеницы: реальность против стереотипов****Т.Ю. Гагкаева, О.П. Гаврилова, А.С. Орина, Ф.Б. Ганнибал**

Black point in wheat: reality vs stereotypes

T.Yu. Gagkaeva, O.P. Gavrilova, A.S. Orina, Ph.B. Gannibal . . . . . 236

**Определение устойчивости возбудителя розового бактериоза зерна пшеницы и ржи *Erwinia rhapontici* к антибиотикам****И.С. Авдеев, А.Н. Игнатов, О.Ю. Словарева**Assessment of antibiotic resistance in *Erwinia rhapontici*, the causal agent of pink grain of cereals

I.S. Avdeev, A.N. Ignatov, O.Y. Slovareva . . . . . 245

**Перспективы применения энтомопатогенных грибов вида *Akanthomyces muscarius* для защиты томата от вредителей и болезней****А.А. Чоглокова, Г.В. Митина, М.А. Черепанова**Prospects for using the entomopathogenic fungus *Akanthomyces muscarius* to protect tomatoes from pests and diseases

A.A. Chogloкова, G.V. Mitina, M.A. Cherepanova . . . . . 255

**First record of *Pammene blockiana* (Lepidoptera: Tortricidae) in Russia****М.Г. Коваленко, Ю.А. Ловцова, Е.Н. Акулов, А.В. Шипулин, С.В. Недошивина, С. Гомбоц, Н.Н. Карпун, Н.И. Кириченко**Первая находка *Pammene blockiana* (Lepidoptera: Tortricidae) в России

М.Г. Коваленко, Ю.А. Ловцова, Е.Н. Акулов, А.В. Шипулин, С.В. Недошивина,

С. Гомбоц, Н.Н. Карпун, Н.И. Кириченко . . . . . 264

Краткие сообщения / Short Communications**Новые находки ясеновой изумрудной узкотелой златки *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) на юге европейской части России****Н.Н. Карпун, Н.И. Кириченко**New records of the emerald ash borer *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae) in the southern European Russia

N.N. Karpun, N.I. Kirichenko . . . . . 276

**Применение хищных клопов *Orius laevigatus* и *Orius strigicollis* (Heteroptera: Anthocoridae) против *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Triptidae) на сенполиях в Ботаническом Саду Петра Великого**

**Е.А. Варфоломеева, И.М. Пазюк**

The release of predatory bugs *Orius laevigatus* and *Orius strigicollis* (Heteroptera: Anthocoridae) against *Frankliniella occidentalis* on santpaulias in the Peter the Great Botanical Garden

E.A. Varfolomeeva, I.M. Pazyuk . . . . . 283

**Подавление генов защитного ответа люцерны хмелевидной на инфекции в условиях эффективного симбиоза с грибом арбускулярной микоризы *Rhizophagus irregularis***

**А.П. Юрков, А.А. Крюков, Т.Р. Кудряшова, А.И. Беляева, М.Ф. Шишова**

Suppression of defense response genes in the black medic to infections under conditions of effective symbiosis with arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis*

A.P. Yurkov, A.A. Kryukov, T.R. Kudriashova, A.I. Belyaeva, M.F. Shishova . . . . . 287

**Хроника / Chronicle**

**V международная научно-практическая конференция**

**«Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам»**

V International Scientific and Practical Conference

“Modern Problems of Plant Immunity to Harmful Organisms” . . . . . 294

**Первый Конгресс Исследователей Симбиотических Систем (КИСС-2025)**

First Congress of Researchers of Symbiotic Systems (KISS-2025) . . . . . 296

## ГРИБЫ РОДА *TILLETIA* НА ПШЕНИЦЕ: БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ, РАСПРОСТРАНЕНИЕ, ВРЕДНОСТЬ И МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ

Е.И. Гультяева\*, Е.Л. Шайдаюк, И.А. Казарцев, Ф.Б. Ганнибал

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

\*ответственный за переписку, e-mail: [eigulytaeva@gmail.com](mailto:eigulytaeva@gmail.com)

Головнёвые грибы рода *Tilletia* – распространенные и вредоносные патогены пшеницы во всем мире. В последнее десятилетие, в связи с расширением зон органического земледелия, отмечается нарастание их значимости, что предопределяет необходимость усиления внимания к этой проблеме. Представлен обзор литературных данных по грибам рода *Tilletia* (*T. caries*, *T. laevis*, *T. controversa*) – возбудителям твердой и карликовой головни пшеницы. Проанализированы биологические и экологические особенности патогенов, морфология спор, симптоматика болезней, исторические аспекты их изучения в России и за рубежом. Обсуждаются фитопатологические и молекулярные методы диагностики возбудителей головневых заболеваний рода *Tilletia*. Показаны ограничения фитопатологической диагностики, связанные с морфологическим сходством телиоспор возбудителей твердой и карликовой головни. Проведен критический анализ развития молекулярных подходов к идентификации – от биохимических методов и анализа консервативных генетических локусов (ITS, IGS и пр.) до методов случайного геномного профилирования (RAPD, ISSR и пр.), MALDI-TOF масс-спектрометрии, изотермической амплификации (LAMP) и высокопроизводительного секвенирования (NGS). Особое внимание уделено проблеме недостаточной специфичности и воспроизводимости многих молекулярных методов, включая SCAR-маркеры. Анализ литературных данных дополнен оригинальными результатами по проращиванию спор *T. caries* и *T. controversa* и апробации SCAR-маркера для идентификации возбудителя карликовой головни пшеницы.

**Ключевые слова:** пшеница, твердая головня, карликовая головня, *Tilletia caries*, *Tilletia laevis*, *Tilletia controversa*, молекулярные маркеры

Поступила в редакцию: 04.09.2025

Принята к печати: 28.11.2025

### Введение

Головнёвые грибы рода *Tilletia* – распространенные и вредоносные патогены пшеницы во всем мире. На мягкой пшенице (*Triticum aestivum* L.) отмечается три вида головни: твердая (возбудители *Tilletia caries* (DC.) Tul. & C. Tul.) и *T. laevis* J.G. Kühn), карликовая (возбудитель *T. controversa* J.G. Kühn) и индийская (возбудитель *T. indica* Mitra) (Каратыгин, 1986). Ниже рассматриваются только три возбудителя, имеющие значение для России.

Твердая головня встречается во всех зонах возделывания пшеницы (Albughobeish, Moosawi Jorf, 2015). В последние годы высокую значимость заболевание приобретает в регионах органического земледелия (Weed et al., 2021). Карликовая головня относится к болезням

регионального значения. В 2019 году вид *T. controversa* включен в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза как организм, ограниченно распространенный в Российской Федерации (Уварова, Сурина, 2020). Обе болезни снижают урожайность и качество зерна. Индийская головня является объектом внешнего карантина. Заболевание также включено в Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза, как болезнь, отсутствующая на данной территории. Индийская головня зарегистрирована в Афганистане, Индии, Ираке, Иране, Непале, Пакистане, Мексике, Бразилии, и ограниченно распространена в США (штат Аризона) и ЮАР (Скрипка, Мордкович, 2018).

### Твердая головня

Твердая головня – одна из древнейших болезней пшеницы и других злаков. Впервые ее описал Tillet в 1755 г. Он показал, что заболевание проявляется вследствие контаминации урожая телиоспорами из пораженных колосьев (Каратыгин, 1986).

Два вида грибов рода *Tilletia* вызывают твердую головню: *T. caries* и *T. laevis* (синоним *T. foetida* (Wallr.) Liro, *T. foetens* (Berk. & M.A. Curtis) Trel.) (<https://www.indexfungorum.org>). Наиболее распространенным является вид *T. caries*. Он встречается повсеместно, где

возделывается пшеница. Ареал *T. laevis* в Российской Федерации ограничен южными регионами. *T. caries* и *T. laevis* близки по биологическим свойствам и характеру вызываемых симптомов. В регионах, где обитают оба вида, возможно одновременное присутствие их соросов на одном растении и даже в одном колосе (Каратыгин, 1986). *T. caries* является карантинным видом для Египта и Мексики, *T. laevis* – для Бразилии (Уварова, Сурина, 2020).

Симптомы твердой головни отмечаются с начала фазы молочной спелости зерна. Высота инфицированных



растений существенно не отличается от высоты здоровых. Зараженные колосья несколько сплюснуты и имеют довольно интенсивную сине-зеленую окраску. При надавливании на зараженные зерновки, находящиеся в фазе молочной спелости, из них выделяется сероватая жидкость с запахом триметиламина (в случае обоих патогенов). По мере созревания колосьев эта окраска постепенно утрачивается. Перед фазой восковой спелости в пораженном колосе вместо зерен образуются «головневые мешочки» с телиоспорами (сорусы гриба) (рис. 1). Они имеют овальную форму и на вершине немного заострены. Длина и ширина сорусов на разных сортах пшеницы варьирует: *T. caries* 4.6–5.7×2.4–2.7 мм, *T. laevis* 5.2–6.8×2.4–2.8 мм (Сторчевой, 1966). К моменту окончательного созревания пораженные колосья остаются прямостоячими, тогда как здоровые под тяжестью часто поникают. Контаминация («заспорение») здорового зерна происходит в момент уборки и обмолота зерна. Головневые мешочки разрушаются и телиоспоры рассеиваются по всей партии зерна (Каратыгин, 1986). При высокой степени заспорения зерна может присутствовать неприятный запах триметиламина, что ограничивает его дальнейшее использование в пищевой промышленности (Pant et al., 2000; Borgen, 2004; Kochanova et al., 2004).

Несмотря на то, что симптомы поражения, вызываемые *T. caries* и *T. laevis*, сходны, возбудители существенно различаются по морфологии телиоспор: у *T. caries* они сетчатые, у *T. laevis* – гладкие (рис. 2а,б). Телиоспоры *T. caries* шаровидные или почти шаровидные, 14–25×12.6–21 мкм, со светло- или темно-коричневой оболочкой с сетчатым утолщением; ячейки преимущественно пятиугольные, от 2.2 до 5.8 мкм, число их (на видимой полусфере) от 32–55, с ребрами (1.4–2.1 мкм высотой и 0.6–0.8 мкм шириной), без ослизняющего слоя (рис. 2а). У отдельных образцов могут отмечаться гиалиновые споры. Телиоспоры *T. laevis* шаровидные, яйцевидные, продолговатые, 13.5–22.5×12.6–18 мкм, со светло-коричневой гладкой оболочкой (1–2 мкм) (рис. 2б) (Ульянищев, 1968).

Заражение пшеницы возбудителями твердой головни происходит с фазы прорастания зерна и до выхода растения из почвы. Гриб внедряется в coleoptиль, локализуясь в основании первого листа. Далее мицелий проникает в точку роста (апекс) и диффузно распространяется по растению, достигая колоса и вызывая характерные симптомы.

В ходе прорастания телиоспоры *T. caries* происходит мейотическое деление ее диплоидного ядра и образуется тетрада гаплоидных ядер (рис. 3а). Они мигрируют в базидию (промицелий), где по мере развития происходит неоднократное митотическое деление (рис. 3б). По мере развития базидии на ней формируются базидиоспоры (первичные споридии), в которые мигрируют гаплоидные ядра (рис. 3в). Число базидиоспор варьирует от 8 до 16. Между ними происходит копуляция с образованием цитоплазматических мостиков (аностомозов) (рис. 3г). В результате формируются двуждерные Н-образные структуры, которые прорастают в дикариотический мицелий (инфекционные гифы) (рис. 3д), заражающий молодые проростки пшеницы в почве (рис. 3е) (Каратыгин, 1986).

Телиоспоры *T. caries* прорастают в широком интервале температуры: от 4 до 25 °С. Оптимальная температура – 16–18 °С. Заражение растений более интенсивно



Рисунок 1. Колосья пшеницы с симптомами твердой головни

Figure 1. Spikes of wheat with symptoms of a common bunt

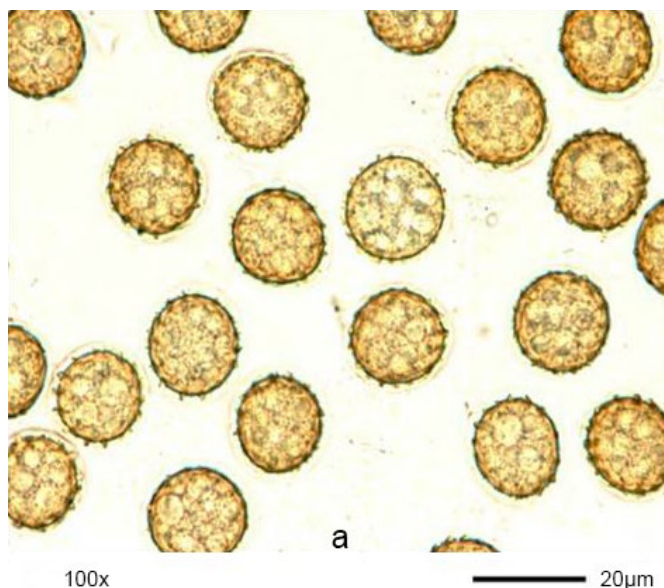
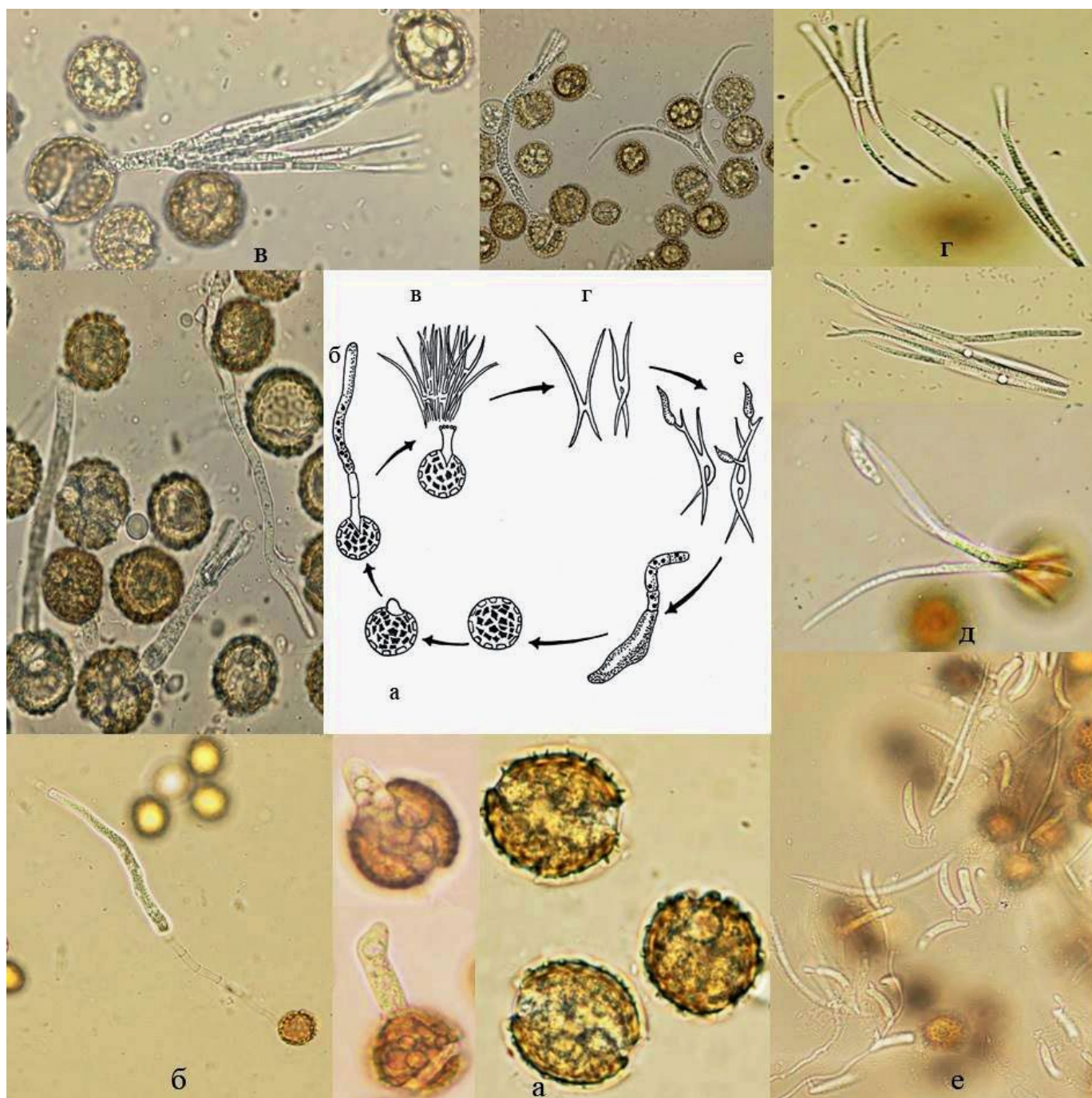


Рисунок 2. Телиоспоры *Tilletia caries* (а), *Tilletia laevis* (б)  
Figure 2. Teliospores of *Tilletia caries* (а), *Tilletia laevis* (б)





**Рисунок 3.** Этапы прорастания телиоспор *Tilletia caries*.

а, б – базидии, в – базидия с базидиоспорами, г – копуляция базидиоспор, д – прорастание базидиоспоры, е – инфекционные гифы, заражающие проростки пшеницы в почве

**Figure 3.** Stages of germination of *Tilletia caries* teliospores.

а, б – basidia, в – basidia with basidiospores, г – basidiospore copulation, д – basidiospore germination, е – infectious hyphae infecting wheat seedlings in the soil

осуществляется при температуре почвы 5–10 °С (Каратыгин, 1986). Озимая пшеница более поздних сроков сева и яровая более ранних сроков инфицируются возбудителями твердой головни сильнее. Глубокая заделка семян также способствуют более сильному поражению растений. Это связано с тем, что в более холодных слоях почвы прорастание семян задерживается, что способствует удлинению периода, подходящего для заражения (Каратыгин, 1986).

Процесс прорастания телиоспор возбудителя твердой головни *T. caries* и влияние на него условий окружающей

среды хорошо освещен в отечественной и зарубежной литературе. Мы также провели подобный эксперимент. Использовали сорусы *T. caries* с пораженных колосьев пшеницы, собранных в Краснодарском крае и Тамбовской области в 2023 г. Сорусы раскладывали в чашки Петри, на дно которых была помещена фильтровальная бумага (3 слоя), смоченная стерильной водой. Чашки инкубировали при трех температурных режимах (4–5 °С, 12–14 °С и 23–24 °С) в условиях освещения и темноты. В течение эксперимента следили за тем, чтобы фильтровальная бумага была влажной, но при этом свободная жидкость в чашке

отсутствовала. В результате не было выявлено различий в скорости прорастания спор из обоих образцов. Через 5–6 дней инкубирования при температуре 12–14 °C они прорастали на 70–80 %, при температуре 4–5 °C – через 12–14 дней. Температура 23–24 °C препятствовала прорастанию (прорастали единичные споры). Освещение не оказывало существенного влияния на данный процесс: споры успешно прорастали как в темноте, так на свету. Прорастание телиоспор во всех вариантах опыта происходило согласно выше представленным этапам (рис. 3).

Вид *T. laevis* в качестве самостоятельного возбудителя твердой головни впервые описан в 1873 г. (Kühn, 1873). Виды *T. laevis* и *T. caries* легко скрещиваются между собой, давая промежуточные по строению экзоспории формы. Выдвигалось предположение, что *T. laevis* своим происхождением тесно связан с твердой пшеницей и происходит из Эфиопии (Проценко, Проценко, 1960), но подтвердить это довольно сложно. В отличие от *T. caries*,

*T. laevis*, по-видимому, формировался в более теплом климате, чем объясняются некоторые особенности его биологии и географического распространения. Однако способ инфицирования, особенности развития мицелия в тканях, последовательность смены ядерных фаз при прорастании, а также многие экологические характеристики *T. laevis* практически идентичны таковым *T. caries* (Каратыгин, 1986).

С использованием полногеномного секвенирования было показано, что виды *T. caries* и *T. laevis*, существенно различающиеся по орнаментации оболочки телиоспор, характеризуются высоким сходством геномов (Sedaghatjoo et al., 2022; Nguyen et al., 2025). Для них не выявлено генов, позволяющих различать оба этих вида. Реконструкция филогении также свидетельствует об отсутствии у них существенных отличий, из-за чего эти два вида, скорее всего, стоит рассматривать как один (Sedaghatjoo et al., 2022).

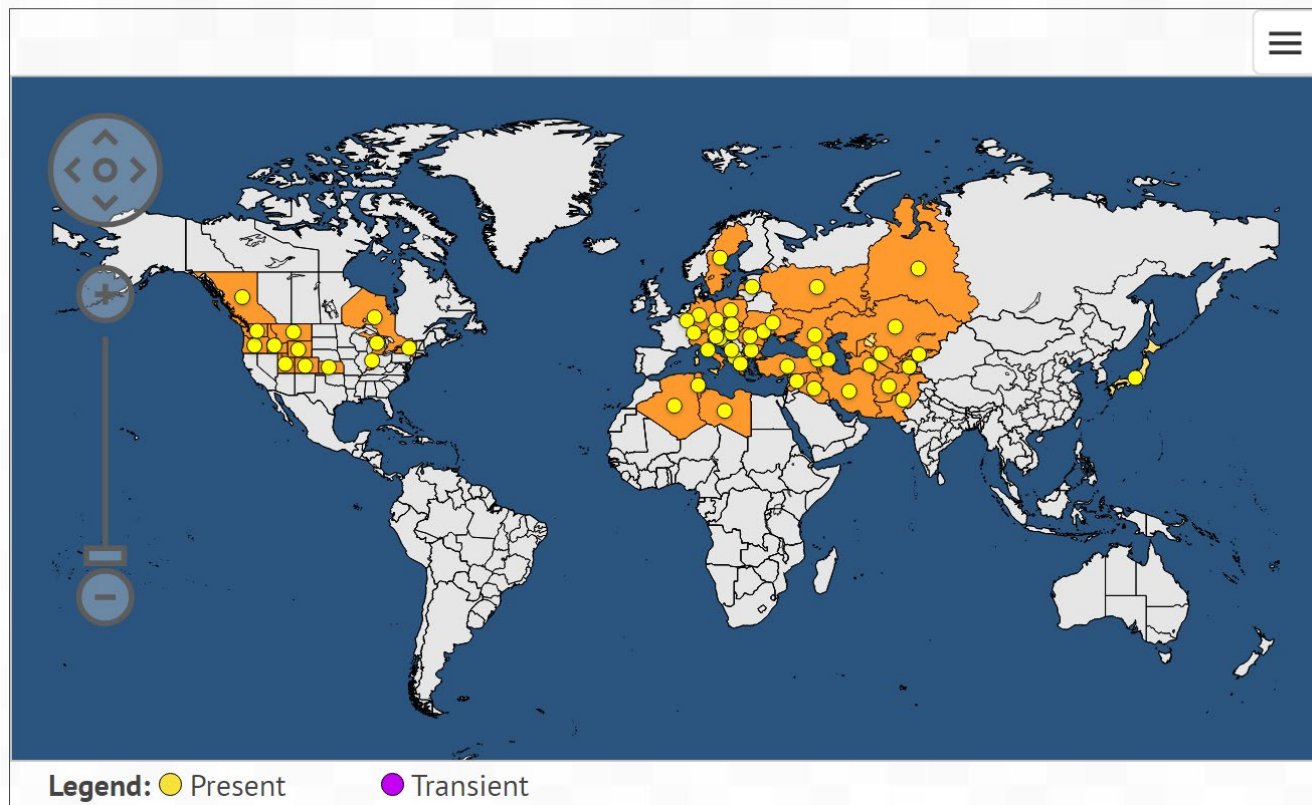
### Карликовая головня

В отличие от твердой, карликовая головня представляет собой заболевание озимой пшеницы, имеющее региональное значение (Каратыгин, 1986; Trione, 1982). В мировой и отечественной литературе предыдущего столетия представлена информация, что заболевание распространено на более ограниченной территории и встречается между 41 и 53° с. ш. в Европе и между 37 и 48° с. ш. в Северной Америке. В Южной Америке заболевание обнаруживали между 30 и 40° ю. ш. в Аргентине и Уругвае. Регионы распространения *T. controversa* в современный

период, согласно информации, представленной в международной базе данных Европейско-средиземноморской организации по защите растений (EPPO Global Database), несколько шире (рис. 4) (<https://gd.eppo.int/taxon/TILLCO/distribution>) и не имеют четкой широтной привязки. Характерной особенностью считалась приуроченность патогена к возвышенным, предгорным районам культивирования пшеницы (Каратыгин, 1986), хотя и эта закономерность, по всей видимости, не является строгой.

### Distribution

Last updated: 2025-05-15



**Рисунок 4.** Распространение возбудителя карликовой головни пшеницы согласно EPPO Global Database (<https://gd.eppo.int/taxon/TILLCO/distribution>)

**Figure 4.** Distribution of wheat dwarf blight pathogen according to EPPO Global Database (<https://gd.eppo.int/taxon/TILLCO/distribution>)

В настоящее время возбудитель отнесен к группе карантинных видов для Евразийского экономического союза, Албании, Азербайджана, Бахрейна, Бразилии, Египта, Израиля, Канады, Китая, Корейской Народно-Демократической Республики, Марокко, Мексики, Мозамбика, Мадагаскара, Монголии, Новой Зеландии, Омана, Парагвая, Перу, Филиппин, Чили, Шри-Ланка и Южно-Африканской Республики (Уварова, Сурина, 2020).

Гриб *T. controversa*, который в настоящее время считается возбудителем карликовой головни, был впервые описан Ю. Кюном в 1874 году в Германии на пырее. В описании вида у Кюна используется эпитет «*contraversa*». С 1960-х годов преобладает написание с буквой «о». Сопоставление этого вида, обнаруженного на сорном растении в XIX веке, с заболеванием, найденном в начале XX века на озимой пшенице, сопряжено с долгой историей. В зарубежной литературе хронология этих исследований отражена следующим образом. По одной из версий карликовая головня, как отдельное заболевание, обратила на себя внимание в 1935 году в США (Young, 1935). До середины XX века возбудителя карликовой головни относили к специализированной форме, разновидности или определенным расам *T. caries* (Holton, 1941; Holton, Rodenhiser, 1942). Такое мнение подкреплялось тем фактом (или предположением), что он способен формировать гибриды с *T. caries* и *T. laevis* (Holton, 1941). Borning (1954) обнаружил переходные формы между *T. controversa* и *T. caries* в естественных условиях. Промежуточные формы имели сходные с обоими родительскими видами морфологические признаки телиоспор, что усложняло их идентификацию.

Трудности, связанные с размножением патогена в лабораторных условиях, не позволяли получить достаточное количество инфекционного материала для опытов, что значительно тормозило исследования. Проращивание спор *T. controversa* долгое время не было результативным, поскольку для этого требуются нестандартные условия. Впервые споры возбудителя карликовой головни удалось прорастить в конце 1940-х годов (Lowther, 1948). Тогда было показано, что оптимальной температурой для прорастания *T. controversa* является 5 °C, причём начало прорастания приходится на конец пятой недели. В других опытах было продемонстрировано, что необходимым условием также является наличие освещения (Gassner, Niemann, 1954).

Накопленные данные по морфологии и физиологии прорастания телиоспор, новые сведения относительно растений-хозяев, а также общая картина заболевания приводили к попыткам рассмотрения возбудителя карликовой головни в качестве нового вида (Wagner, 1948). Так Fischer (1952) установил морфологическую обособленность патогена от *T. caries* и описал его как новый вид – *T. brevifaciens* G.W. Fisch. Переломный момент в понимании этиологии связан с работой Connors (1954), который указал, что предыдущие авторы, сосредоточившись на отличиях спор возбудителя карликовой головни от *T. caries*, не учли их сходства со спорами *T. controversa*. Благодаря этому исследованию утвердилось мнение, что возбудитель карликовой головни – *Tilletia controversa* Kühn. Одновременно было высказано предположение, что первое заражение пшеницы карликовой головней могло произойти от пырея (*Agropyron* spp.) в горных районах Европы, и впоследствии

больные семена были занесены в разные регионы, где выращивают пшеницу. Другой взгляд на вопрос происхождения патогена высказал Riehm (1954), предположив, что *T. controversa* возник относительно недавно как мутант *T. caries* в среднеазиатском центре происхождения пшеницы (и, соответственно, центре биоразнообразия паразитирующих на ней патогенов), поскольку он встречается в восточной Турции, Иране и северном Пакистане. Следовательно, возбудители обоих видов *Tilletia* за длительный период сопряженной эволюции с растением-хозяином претерпели существенные изменения (Trione, 1982).

Значимость карликовой головни на пшенице впервые была обозначена в начале 1930-х годов в США (Айдахо, Монтана, Нью-Йорк, Вашингтон) и Канаде (Британская Колумбия) (Young, 1935; Connors, 1954; Fischer, Tyler, 1952). Широкое распространение этого заболевания на Североамериканском континенте обратило внимание к болезни в Европе и других частях мира. С 1940-х годов карликовая головня фиксируется в Германии, Италии и Болгарии (Wagner, 1948; Todorova, 1958), с 1950-х – в Швейцарии, Австрии, Румынии и Венгрии (Săvulescu, 1957). О единичных случаях проявления карликовой головни в этот период сообщается в Аргентине и Уругвае (Lindquist et al., 1954). Однако изучение гербарных сборов позволило констатировать существование *T. controversa* гораздо раньше обозначенных дат. По данным Trione (1982) для Старого Света были найдены образцы, собранные на территории современных Чехии и Словакии, датируемые 1847 г, а также Германии (1858), Австрии (1884), Ирака (1908), образцы для Нового Света из США (Нью-Йорк (1860), Мичиган (1809), Индиана (1917), Калифорния (1917), Юта (1918), Орегон (1921)) и Аргентины (1915).

Наращение значимости новой болезни предопределило более детальное изучение ее симптоматики и биологии. Изучение карликовой головни в Германии (в Баварии) показало, что пораженные растения озимой пшеницы, имеют карликовость и пышные побеги (кущение). Растение может быть поражено полностью или частично (только боковые побеги). Головневые мешочки более твердые, чем у возбудителя твердой головни; при надавливании они распадаются на мелкие фрагменты. Телиоспоры имеют четко выраженную сетчатость (Wagner, 1948). Наряду с данными признаками также отмечен специфический запах сорусов с телиоспорами, сходный с запахом, возникающим при развитии твердой головни. В ряде работ показано, что карликовость растений – нестабильный симптоматический признак. Процент укороченных растений может меняться в зависимости от года, местности, времени посева и общего засорения участка. У растений озимой пшеницы поражаются преимущественно побеги узлов кушения, образующиеся несколько позднее, чем главные стебли. Обусловлено это тем, что заражение последних происходит медленнее, чем их рост (Săvulescu, 1957; Кечек, 1953; Сторчевой, 1962).

В 1950-е годы в Швейцарии были проведены опыты для определения физиологической специализации возбудителя карликовой головни пшеницы (Kobel, 1956). Образцы мягкой пшеницы и пырея были перекрестно инокулированы штаммами *T. controversa*, полученными с этих растений. При инокуляции пырея телиоспорами, полученными с пшеницы, симптомов болезни не было



обнаружено. Инокуляция пшеницы спорами с пырея была более успешной. На основании полученных результатов сделано предположение о существовании специализированных форм внутри вида *T. controversa*.

В 1970-х годах карликовая головня стала причиной ограничения экспорта зерна из США в Китай, поскольку огромные партии были заспорены *T. controversa*. При этом карликовая головня в США встречалась локально только в посевах пшеницы в северо-западных штатах. Было сделано предположение, что заспорение здорового зерна из других регионов, где карликовая головня отсутствовала, произошло из-за использования загрязненных спорами *T. controversa* комбайнов для уборки и транспорта для перевозки (Trione, 1982).

В 1980–1990-е годы высокую степень распространения карликовой головни отмечали в восточных районах Словакии (Paulech et al., 1993). Потери урожая варьировали от 30% до 95% (Kochanová et al., 2004). В 2002 г. 1058 образцов зерна пшеницы, выращиваемых в различных местах Чешской Республики, были проанализированы на наличие спор видов *Tilletia*. Исследование показало широкое распространение видов *T. caries* и *T. controversa* во всех образцах, причем *T. controversa* встречался значимо чаще (Váňová et al., 2006). Это предопределило усиление внимания к изучению данного патогена и совершенствованию методов его диагностики (Kochanová et al., 2006).

С середины 2010-х гг. отмечается расширение зоны распространения карликовой головни в Германии. Ранее заболевание отмечали преимущественно в южных землях, где широко используется органическое земледелие. В 2016–2017 гг. был проведен обширный мониторинг посевов озимой пшеницы, в результате которого было изучено 1302 репрезентативных образца зерна. Анализ показал наличие заспорения образцов зерна *T. controversa* в северной и центральной части страны, однако наблюдаемый уровень заражения был крайне низким (<0.5 спор/зерно). Для 9 образцов (0.7%) авторы не смогли сделать однозначных выводов о наличии патогена. Присутствие спор патогена в образцах из зон, до этого считавшихся нетипичными для развития карликовой головни, вероятно, обусловлено одним из следующих факторов: недостаточная эффективность протравливания семян, занос инфекции с соседних полей, где практикуется органическое земледелие, либо распространение через загрязненную сельскохозяйственную технику и транспорт (Rudloff et al., 2020). Также такое распространение может говорить об ошибочности мнения о строгой приуроченности карликовой головни к предгорным районам.

В 2012–2013 гг. были проведены маршрутные обследования пшеницы в Тернопольской и Хмельницкой областях Украины. Распространение карликовой головни здесь оценивалось как 10–15% (Ретьман и др., 2014). Последующий анализ (2017–2020 гг.) заспоренности образцов озимой пшеницы грибами р. *Tilletia* в различных почвенно-климатических зонах Украины показал доминирование вида *T. controversa*. Частота его в 2017–2019 гг. составляла 77.1–87.5%. В 2020 г. преобладал вид *T. caries*; *T. laevis* встречался эпизодически (Шевчук и др., 2020).

В 2006 г. карликовая головня на озимой пшенице впервые обнаружена в Латвии (Priekule, 2007). В 2022 г. симптомы карликовой головни впервые отмечены в Пакистане

на яровой пшенице сорта Glaxy-13 (Muhae-Ud-Din et al., 2024).

Карликовая головня широко распространена в Японии в регионе Хоккайдо, где пшеница широко выращивается в основном на возвышенных участках. В этом же регионе активно возделываются рожь и кормовые злаки. Для оценки потенциальной возможности передачи *T. controversa* от данных культур к мягкой пшенице была изучена специализация разных изолятов гриба. Инокулировали кормовые злаки (*Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Phalaris arundinacea* и *Phleum pratense*), рожь (*Secale cereale*) и тритикале (*Triticosecale rimpaui*) телиоспорами возбудителя, полученными с мягкой пшеницы. При инокуляции злаковых трав симптомов поражения не выявлено, а на ржи и тритикале отмечена слабая патогенность. Авторы предположили, что выращиваемые травы не являются естественными резервуарами *T. controversa* для мягкой пшеницы (Okamoto et al., 2023). Но стоит отметить, что исследователями не были проведены заражения в обратном направлении, и не были поставлены опыты на пырее.

Отдельного описания заслуживает история изучения карликовой головни пшеницы и её возбудителя в России. Первое сообщение о поражении озимой пшеницы грибом *T. controversa* в б. Российской империи принадлежит А.А. Ячевскому и относится к 1912 г., то есть за два десятилетия до того, как на карликовую головню обратили внимание в других странах. В Ежегоднике сведений о болезнях и повреждениях культурных и дикорастущих полезных растений за 1911–1912 гг. Артур Артурович писал: «В Винницком уезде Подольской губернии в имении Слободка обнаружен в отчетном году М. Добровольским третий вид мокрой головни *T. controversa* Kühn дотоле еще неизвестной на пшенице. По общему виду и характеру повреждения этот вид не отличается от двух предыдущих (*T. caries* и *T. laevis*) и может быть узан лишь при помощи микроскопа. Он уже давно известен (Kühn, 1874) на пырее *Ag. repens* L., вероятно, перешел от этого растения на пшеницу». В журнале помещен микроснимок телиоспор головни, отличающийся по морфологическим признакам от *T. caries* (рис. 5а). В гербарии Всероссийского института защиты растений имеются образцы этого периода (LEP 46366, 46397) (рис. 5б). Интересно, что в качестве возбудителя А.А. Ячевским сразу был назван *T. controversa*, за 42 года до публикации Connors (1954).

Второе сообщение о *T. controversa* было сделано А. Фокиным в 1924 г. в статье «Болезни и повреждения культурных растений, наблюдающихся в Вятской губернии в 1923 году», опубликованной в журнале «Вятская жизнь». Автор пишет, что был найден один колос пшеницы, пораженный этим видом головни. Но в дальнейшем Мурашкинский (1937) подверг сомнению правильность этого определения (Сторчевой, 1962).

Отсутствие достаточных сведений для диагностики карликовой головни затрудняло своевременное ее выявление. В 1947 г. Н.А. Кечек сообщает об обнаружении озимой пшеницы, пораженной особой формой твердой головни, вызывающей карликовость растений в ряде районов Армении (Сторчевой, 1962). В Ставропольском крае головню на пшенице с признаками карликовости замечал селекционер С.Г. Сыроватский, а в 1946 г. А.Л. Сторчевой, но трудности в разделении видов *T. caries* и *T. controversa*



**Рисунок 5.** «Ежегодник сведений о болезнях и повреждениях культурных и дикорастущих полезных растений» за 1911–1912 гг. с первым упоминанием о поражении озимой пшеницы грибом *Tilletia controversa* в б. Российской империи (а) и гербарный образец *Tilletia controversa* этого периода (б)

**Figure 5.** «Yearbook of information on diseases and damages of cultivated and wild useful plants» for 1911–1912 with the first mentioning of winter wheat affected by the fungus *Tilletia controversa* in Russian Empire (а) and the herbarium specimen of *Tilletia controversa* of this period (б)

по симптоматическим признакам, привели к тому, что заболевание долгое время принималось за твердую головню. В отечественных определителях болезней того времени (Доброзракова и др., 1956) карликовая головня называлась крупноспоровой твердой головней пшеницы (Сторчевой, 1962).

По данным отечественных исследователей в 1930–1960-е гг. в б. СССР карликовая головня была обнаружена на широком круге растений-хозяев – озимая пшеница, озимая рожь, озимый ячмень и дикие виды *Hordeum*, различные виды пырея, колосняк, костер, плевел, овсяница, ежа, лисохвост, полевица, райграсс и другие злаки (Гутнер, 1941; Мурашкинский, 1937; Пидопличко, 1953; Ульянищев, 1952; Лавров, 1934; Хохряков, Захарова, 1961). В 1939–1940 гг. В.И. Ульянищев (1952) провёл успешное заражение мягкой и персидской пшеницы телеспорами *T. controversa* с пырея (Русаков, 1959).

Реальная проблема с карликовой головней в России возникла в 1957 году в Ставропольском крае, когда пораженность отдельных посевов превысила 50% (Русаков, 1959; Сторчевой, 1966). В июле 1959 г. в Ставрополе состоялось Всесоюзное совещание по карликовой головне, резолюцией которого была необходимость проведения массовых обследований пшеницы с целью выявления очагов заболевания (Хохряков, Сторчевой, 1961). В ходе широкомасштабного мониторинга в последующие годы поражение озимой пшеницы карликовой головней было отмечено в Карачаево-Черкессии, Чечено-Ингушетии, Молдавии, Украине, Казахстане, Азербайджане и Армении (Захарова, 1963; Хохряков, Сторчевой, 1961; Сторчевой, 1962; Муталиева, Илюхин, 1973; Кечек, Варданян, 1970; Агарков, 1961; Исмаилов, 1962). В 1970-е годы заболевание появилось и стало прогрессировать в Киргизии (Доценко и др., 1979; Кошеляева, 1992).

Обширный мониторинг показал, что карликовая головня преимущественно проявляется на возвышенностях на высоте 200–1000 м над уровнем моря, больше на сухих и плотных почвах, в зонах с резко континентальным, сухим климатом. На полях она развивается очагами, чаще по

краям поля, у дорог, лесополос, при мелкой заделке семян в почву (Хохряков, 1960). Отмечено, что признак карликовости не является стабильным (высота сильно пораженных растений варьировала от 20 до 50 см) (Хохряков, Захарова, 1961).

В ежегодниках «Обзор распространения главнейших массовых вредителей и болезней сельскохозяйственных культур и прогноз их появления», публикуемых ВИЗР, информация об обнаружении карликовой головни в посевах озимой пшеницы б. СССР датируется 1959–1964 гг. В последующий период отмечена депрессия в развитии болезни (Распространение..., 1967), либо ее эпизодическое проявление. Преимущественно болезнь отмечали в предгорных районах Северного Кавказа (Репухова, 2005; Лукашина, Остапенко, 2015). В 2000–2008 гг. заболевание выявляли на отдельных посевах, где его распространение варьировало от 5 до 10% (Санин и др., 2010). Ограниченный ареал распространения болезни и ее эпизодичность впоследствии снизили внимание к ней и её возбудителю.

Усиление внимания к карликовой головне в России отмечается с 2020 г., когда ее стали находить в нетипичных для нее регионах (Карликовая головня пшеницы... (2020), Карликовая головня (2025)). В 2023 г. заспорение карликовой головней отмечено в зерне яровой пшеницы сорта Дарья, импортируемого из Беларуси (Карликовая головня в белорусских семенах пшеницы... (2023)). Заспорение карликовой головней также было обнаружен в семенах яровой пшеницы сорта Гранни, экспортируемого из Австрии и Чехии (Россия запретила ввоз... (2023)).

Предполагается, что отказ от протравителей в связи с переходом на органическое земледелие может провоцировать развитие головневых болезней, в том числе и карликовой головни. Органическое земледелие в России активно развивается, и пшеница является одной из культур, выращиваемых с соблюдением этих принципов. Анализ информации по регионам производства органической пшеницы в России, представленной в Интернет-ресурсах, показал его широкую географию (Краснодарский и Ставропольский края, Ростовская, Тульская, Орловская, Воронежская



и Пермская обл., Алтайский край и др.). Сопоставление этих зон с предполагаемым ареалом распространения карликовой головни в России указывает на потенциальную угрозу данного заболевания для пшеницы, выращиваемой в Северо-Кавказском регионе. Неординарность ситуации с карликовой головней определили необходимость проведения более пристального мониторинга посевов пшеницы (Шутко, 2024).

Для современной диагностики классическим симптомом карликовой головни считается отставание в росте инфицированных растений и их сильное кущение. Однако, как уже дважды отмечалось выше, данная симптоматика не является стабильной и зависит от сорта пшеницы, внешних условий и штамма *T. controversa* (Хохряков, Захарова, 1961). Соотношение высоты здоровых и пораженных карликовой головней стеблей было изучено Сторчевым (1966). Измерение стеблей сорта Новоукраинка 83 показало, что у здоровых растений они имели высоту 101.5 см, у частично пораженных – 92.9 см, у сильно пораженных – 42.1 см. При сильном поражении растений

колосья инфицированных растений могут оставаться в пазухе верхнего листа, или быть наполовину прикрытыми. Вследствие увеличения числа чешуй колоски могут иметь ветвистый вид (рис. 6а) (Захарова, 1963; Каратыгин, 1986). В период молочной спелости растения-хозяина головневые мешочки *T. controversa* имеют темно-зеленую окраску, а к моменту созревания – темно-коричневую или бурую. Споровая масса обладает запахом триметиламина (Захарова, 1963).

Характерной для карликовой головни считается форма сорусов и их размер. Они шаровидные или широкоэллипсоидальные, прикрытые перикарпом (рис. 6а). На их вершине очень часто сохраняются отмершие рыльца в виде двух нитевидных придатков (рис. 6б). Длина и ширина сорусов *T. controversa* на разных сортах пшеницы также может существенно варьировать: 2.1–3.7×2.1–2.5 мм (Сторчевой, 1966) и перекрываться с размерами сорусов *T. caries* (рис. 6в).



Рисунок 6. Колосья с симптомами карликовой головни и сорусы.

а – колосья, пораженные карликовой головней; б – сорусы *Tilletia controversa*, в – варьирование размеров сорусов *Tilletia controversa* и *Tilletia caries*

Figure 6. Spikes with symptoms of dwarf bunt and sori.

а – spikes affected by dwarf bunt; б – sori of *Tilletia controversa*, в – variation of sori sizes of *Tilletia controversa* and *Tilletia caries*

Имеются различия сорусов *T. controversa* и *T. caries* по их способности адсорбировать влагу. При погружении в воду головневых мешочков карликовой головни оболочка (перикарп) лопается через 3–4 минуты и споры выходят из них, тогда как у твердой головни этот процесс более длительный (несколько часов) (Сторчевой, 1966) (рис. 7). Данный подход в 1960–1970-е гг. был предложен как вспомогательный для диагностики видов данных возбудителей.

Размер телиоспор *T. controversa* варьирует от 17 до 25 мкм. Телиоспоры *T. controversa* отличаются от телиоспор *T. caries* более высокими (1.5–4 мкм) и широкими (до 5 мкм) многоугольными ячейками на сетчатом экзоспории, а также гелеобразной прозрачной оболочкой, обволакивающей споры 1.5–5.5 мкм толщиной (рис. 8). Степень развития гелеобразной оболочки во многом зависит от экологических факторов. Ячейки крупные, правильно многоугольные, 1.5–3 мкм высотой и 3–5 мкм шириной. Среди зрелых спор довольно встречаются часто гиалиновые, бесцветные споры с гладкой, реже сетчатой поверхностью. Их количество достигает 4–9%. Они шаровидные, 9–22 мкм в диаметре, оболочка бесцветная или

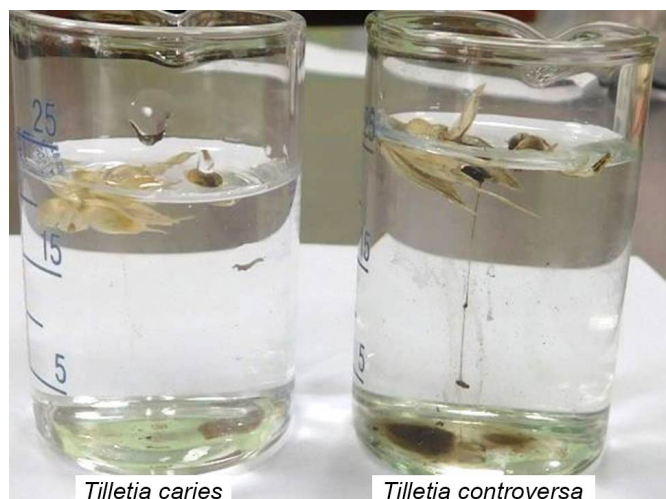
от бледно-зеленоватой до буроватой, окруженная иногда желатиновым слоем 2–4 мкм толщиной (Сторчевой, 1966, Каратыгин, 1986; Азбукина, Каратыгин, 1995).

Биологические особенности возбудителя карликовой головни пшеницы существенно отличаются от таковых у возбудителя твердой головни. Заражение *T. controversa* осуществляется спорами, находящимися на поверхности почвы в период всходов и кущения озимой пшеницы. Телиоспоры *T. controversa* прорастают на свету в течение 25–50 суток (в зависимости от окружающих условий) в диапазоне температур от 0 до 10 °С. Оптимальной является температура 3–5 °С. Периоды с неблагоприятными температурами (включая и температуры ниже 0 °С) тормозят процессы прорастания спор, но не влияют на их жизнеспособность или жизнеспособность споридий. Помимо температуры на способность спор к прорастанию оказывает влияние влажность почв (Каратыгин, 1986).

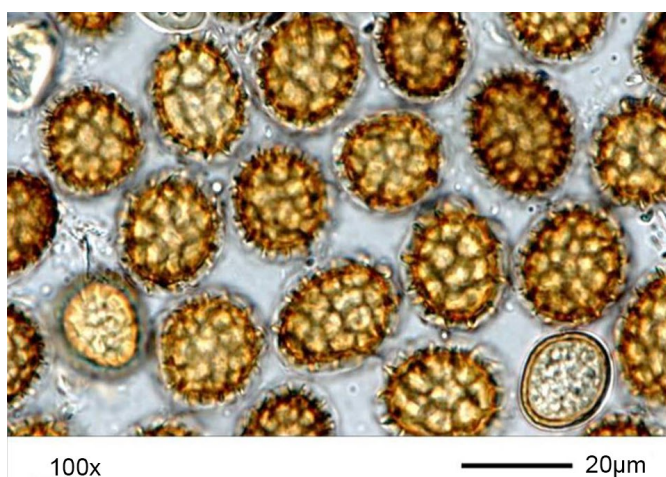
М.Н. Воронин (1961) в своей монографии «К познанию головневых грибов» отмечал, что «Для всех грибов в целом, а для головневых прежде всего, одностороннее морфологическое описание, даже довольно обстоятельное, недостаточно, чтобы правильно определить головневый гриб и безошибочно отличить его от ближайших сородичей... Знание особенностей процесса прорастания спор очень важно для систематики головневых грибов». Особую актуальность это представляет для *T. controversa*, морфологические и симптоматические признаки которой имеют некоторое сходство с *T. caries*. Условия прорастания спор возбудителя карликовой головни и влияние на этот процесс различных факторов широко изучалось в 1960-х годах в ВИЗР и других учреждениях б. СССР для совершенствования методов лабораторной диагностики карликовой головни (Захарова, 1963; Мещерякова, 1968).

Эксперименты по проращиванию телиоспор *T. controversa* были проведены и в наших исследованиях. Использовали инфекционный материал (сорусы *T. controversa*), собранный на Северном Кавказе с мягкой пшеницы. Сорусы *T. controversa* раскладывали в чашки Петри на увлажненную фильтровальную бумагу и инкубировали в темноте и на свету в климатических камерах (MLR-352H, Climate chamber, Panasonic) при следующих температурных режимах: 20–22 °С, 12–14 °С и 4–5 °С. Прорастание телиоспор было отмечено спустя 45 дней исключительно в условиях освещения при температуре 4–5 °С. Этапы прорастания показаны на рисунке 9. Следует отметить «растянутость» процесса прорастания у *T. controversa* по сравнению с *T. caries*, прорастание которого заканчивалось через 10–14 дней. Телиоспоры *T. controversa* прорастали постепенно и данный процесс длился более 1.5 месяцев с начала прорастания.

Таким образом, имеются существенные различия в скорости и условиях прорастания телиоспор *T. controversa* и *T. caries*, что наряду с морфологическими признаками телиоспор, может быть использовано для определения этих видов. Однако проведение проращивания возможно только при наличии сорусов патогена. Длительность процесса проращивания телиоспор затрудняет использование данного подхода в массовой практике и экспресс-диагностике.



**Рисунок 7.** Особенности осаждения телиоспор из сорусов *Tilletia caries* и *Tilletia controversa* в воде  
**Figure 7.** The settling of teliospores is checked by placing sori of *Tilletia caries* and *Tilletia controversa* in water



**Рисунок 8.** Телиоспоры *Tilletia controversa*  
**Figure 8.** Teliospores of *Tilletia controversa*





**Рисунок 9.** Этапы прорастания телиоспор *Tilletia controversa*.

а – колос с сорусами *T. controversa*; б – телиоспора, в – прорастание телиоспоры в базидию с базидиоспорами; г – одноядерные гифы (неинфекционные); д – копуляция базидиоспор с образованием анастомозов; е – двуядерная инфекционная гифа, заражающая проростки пшеницы

**Figure 9.** Stages of germination of *Tilletia controversa* teliospores.

а – spike with *T. controversa* sori; б – teliospore, в – germination of teliospore into basidia with basidiospores; г – mononuclear hyphae (nonparasitic); д – copulation of basidiospores with formation of anastomoses; е – binuclear parasitic hyphae infecting wheat seedlings

#### Диагностика возбудителей головневых заболеваний пшеницы из рода *Tilletia*

Современная диагностика возбудителей головневых заболеваний рода *Tilletia* проводится с использованием традиционных фитопатологических и молекулярных методов. Лабораторная диагностика включает визуальную оценку представленного материала (колосьев, партий зерна) на предмет наличия инфекционных структур (сорусов) и микроскопирование спор для определения вида возбудителя. Общепринятая фитопатологическая экспертиза (ГОСТ 12044-93 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями») включает поверхностный смыв с анализируемой пробы зерна и ее последующее центрифугирование. Микроскопирование осадка позволяет определить видовой состав фитопатогенного комплекса, в том числе и телиоспор возбудителей головни.

Ограничением данного метода диагностики является определенное морфологическое сходство телиоспор у возбудителей твердой и карликовой головни. Это определило

усиленное внимание к разработке молекулярных методов диагностики. Большое количество современных исследований, связанных с карликовой головней, посвящено именно этой проблеме.

Поиск отличий *T. controversa* от других представителей рода *Tilletia* стимулировал развитие различных молекулярных подходов, способных обеспечить надежную дифференциацию патогенов. В ряде работ предпринимались попытки выделить стабильные биохимические маркеры, позволяющие дифференцировать телиоспоры *T. controversa* и родственные виды. Banowetz et al. (1984) разрабатывали моноклональные антитела к телиоспорам *T. controversa*, однако эти антитела проявили перекрестную активность с *T. caries*. Анализ белковых экстрактов с использованием SDS-электрофореза, проведенный Weber и Schauz (1985), показал наличие 65-кДа полипептида в экстрактах *T. controversa*, отсутствующего у *T. tritici*. Kawchuk et al. (1988) применили двухмерный электрофорез

для сравнения фенол-растворимых полипептидов между *T. tritici*, *T. controversa* и *T. laevis*, но не выявили устойчивых видоспецифичных различий и выдвинули гипотезу о том, что эти возбудители представляют собой разновидности одного вида. Banowetz и Doss (1994) обнаружили полипептид массой 116 кДа, характерный исключительно для *T. controversa*, однако, не смогли подтвердить результаты, полученные ранее Weber и Schauz (1985). Несмотря на отдельные положительные результаты, биохимические методы, основанные на белковом профилировании телиоспор, не обеспечили стабильной и воспроизводимой диагностики на видовом уровне. И в дальнейшем, несмотря на многочисленные попытки разработки иммунологических тестов для видоспецифичной диагностики трёх видов *Tilletia*, ни один из подходов не обеспечил полной специфичности (Eibel et al., 2005; Gao et al., 2015). Более современные протеомные методы для относительной и абсолютной количественной оценки белков (iTRAQ) были применены Li et al. (2018) для сравнительного анализа протеомов *T. controversa*, *T. caries* и *T. laevis*. Эта технология позволила оценить относительное содержание видоспецифичных белков и выявить дифференцирующие молекулярные признаки. Метод MALDI-TOF масс-спектрометрии доказал свою эффективность для разделения *T. controversa* и двух возбудителей твердой головни, основываясь на прямом анализе телиоспор, однако не позволил надёжно дифференцировать *T. caries* и *T. laevis* (Forster et al., 2022). Следует отметить, что данный метод является достаточно дорогостоящим и не всегда доступен для широкого применения в рутинной диагностике.

Внутренние транскрибируемые спейсеры (ITS) рДНК широко применяются для таксономической идентификации грибов, однако их информативность в пределах рода *Tilletia* оказалась ограничена из-за низкой межвидовой вариабельности. В частности, анализ полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (RFLP) ITS2, полученного с праймерами ITS3/ITS4, не позволил различить *T. controversa*, *T. caries* и *T. laevis* (Shi et al., 1996). Позднее было показано, что данный участок рДНК является высококонсервативным у *T. tritici*, *T. laevis*, *T. controversa* и *T. bromi*, что делает создание надёжных видоспецифичных праймеров на основе ITS2 невозможным (Josefsen, Christiansen 2002). Попытка использовать регион ITS1 предпринята Kochanová et al. (2004), на который были разработаны праймеры, обладающие групповой специфичностью к *T. caries* и *T. controversa*, однако эти праймеры не обеспечивали дифференциации видов. В распоряжении авторского коллектива имелся скромный набор референсных последовательностей и объектов для тестирования, также они не сообщают, каковы результаты использования праймеров в отношении ДНК *T. laevis*. При тестировании данных праймеров *in silico* в сервисе Primer-blast выясняется, что они обладают более широкой специфичностью, чем предполагали авторы, и амплифицируют широкий круг видов из рода *Tilletia*.

Впоследствии стало понятно, что другие традиционные таксономические локусы (IGS, *LSU*, *RPB2*, *TEF1α*), несмотря на широкое применение в систематике грибов, не обеспечивают достаточной разрешающей способности для разделения близкородственных видов *Tilletia* (Mulholland, McEwan, 2000; McNeil et al, 2004; Eibel et al,

2005; Castlebury et al, 2005; Liang, 2006; Carris et al, 2007; Zouhar, 2010; Sedaghatjoo, 2022).

Параллельно развивались методы, основанные на случайном геномном профилировании, позволяющие охватить более широкий спектр полиморфных участков без необходимости предварительного знания их последовательностей. Среди таких подходов — RAPD (Shi et al., 1996; Pimentel, 2000), AFLP (Liu et al., 2009), REP-PCR (McDonald et al., 2000; Zapunski et al., 2011), RM-PCR (Yuan et al., 2009) и другие. Некоторые из них являлись довольно многообещающими. В рамках развития подходов к созданию специфичных молекулярных маркеров особый интерес представляет серия работ Gao et al. (2010, 2011, 2014), в которых был применён ISSR-анализ для выделения фрагментов ДНК, уникальных для *T. controversa*. Эти фрагменты были секвенированы и преобразованы в SCAR-маркеры (Sequence Characterized Amplified Region), для которых авторы разработали наборы видоспецифичных праймеров, успешно использованных в конвенционной и количественной ПЦР. В ходе наших исследований мы протестировали праймеры TCKSF2 /TCKSR2 (Gao et al., 2011). Данные праймеры изначально были апробированные авторами на изолятах *T. controversa* и *T. caries*, полученных в основном из США (по одному штамму каждого вида было также из Чехии) и штаммах *T. foetida* из Чехии и Китая. Все протестированные изоляты были выделены с пшеницы. Нами апробация этих праймеров была выполнена на образцах спор *Tilletia* sp. из коллекции гербария LEP ВИЗР. Проанализировали 189 образцов: *T. controversa* (85 образцов с разных видов-хозяев), *T. caries* (86), *T. hordei* (10), *T. elimicola* (2), *T. elimy* (2), *T. secalis* (1), *T. decipiens* (2), *T. triticoides* (1). Наличие положительного продукта амплификации размером 496 п.н. наблюдали только у образцов *T. controversa*, собранных на мягкой пшенице (*T. aestivum*). При амплификации ДНК из других растений-хозяев, в том числе ДНК из типового образца *T. controversa* (*Tritici repentis*, Германия, 1874 г., J.Kühn) ампликон отсутствовал. Это может указывать на то, что виды, ранее определенные как *T. controversa*, на мягкой пшенице и других злаках генетически различаются (возможно, относятся к разным подвидам или видам) и рекомендованные праймеры могут быть применены для идентификации образцов *T. controversa*, собранных только с мягкой пшеницы.

Совсем недавно были сделаны сообщения о том, что получены уникальные SCAR-маркеры на базе ISSR для уже трех видов (*T. controversa*, *T. caries* и *T. laevis*), а сконструированные на их основе праймеры адаптированы для цифрового ПЦР (Xu et al., 2020; Liu et al., 2020, Ren et al, 2022). Это несколько противоречит современным геномным исследованиям данной группы, согласно которым *T. caries* и *T. laevis* не имеют значимых и статистически подтвержденных различий. Тем не менее, такие исследования подтверждают статус *T. controversa* (по крайней мере, штаммов с мягкой пшеницы) как отдельного, хорошо отличимого вида (Sedaghatjoo et al., 2022; Nguyen et al., 2025). Применение высокопроизводительного секвенирования на основе анализа 21 геномной последовательности шести видов *Tilletia* spp. позволило идентифицировать уникальные участки ДНК, использованные для разработки видоспецифичных праймеров для LAMP-диагностики

*T. controversa* (Sedaghatjoo et al., 2021). Но даже в этом случае два образца *T. secalis* и *T. trautvictii* из референсной коллекции давали ложноположительные результаты, что указывает на необходимость дальнейшей верификации нового подхода.

Современная диагностика видов *Tilletia* находится в стадии активного развития, но сталкивается с проблемой неполноты и недостаточной универсальности методов. Ключевой вывод заключается в том, что даже перспективные молекулярные подходы, такие как SCAR-маркеры,

зачастую оказываются недостаточно специфичными. Яркий пример — праймеры для *T. controversa*, которые амплифицируют только ДНК штаммов с мягкой пшеницы, но не работают на образцах с других растений-хозяев. Это указывает на существование скрытого генетического разнообразия внутри вида и подчеркивает, что разработка по-настоящему надежных диагностических систем требует учета всей внутривидовой вариативности, а также уточнения границ патогенных видов.

### Благодарности

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

### Библиографический список (References)

- Агарков ВА (1961) Карликовая головня в Хмельницкой области. *Защита растений от вредителей и болезней* 8:20–21
- Азбукина ЗМ, Каратыгин ИВ (1995) Определитель грибов России. Порядок Головнёвые, вып. 2. Семейство Тиллетиевые. СПб.: Наука. 2:114–154.
- Воронин МН (1961) К познанию головневых грибов. Избранные произведения. Москва: Сельхозиздат. 276 с.
- Гутнер ЛС (1941) Головневые грибы. Москва: Сельхозгиз. 384 с.
- Доброзракова ТЛ, Летова МФ, Степанов КМ (1956) Определитель болезней растений. В кн.: Хохрякова МК (ред.) Москва, Ленинград: Сельхозгиз. 661с.
- Доценко АС, Кангельдиева ГН, Ярцев ВВ (1979) Карликовая головня озимой пшеницы в Киргизской ССР и меры борьбы с ней. Фрунзе. 10 с.
- Захарова ТИ (1963) Биологические особенности и таксономическое положение возбудителя карликовой головни озимой пшеницы. *Диссертация канд. биол. наук*. Ленинград. 126 с.
- Исмаилов Х (1962) Карликовая головня пшеницы в Азербайджане. *Социалистическое сельское хозяйство Азербайджана* 8:46–47.
- Каратыгин ИВ (1986) Возбудители головни зерновых культур. Ленинград: Наука. 108 с.
- Карликовая головня пшеницы обнаружена специалистами испытательной лаборатории Темрюкского пункта Новороссийского филиала ФГБУ «Центр оценки качества зерна» в экспортных партиях пшеницы (2020) <https://fczerna.ru/news/?NAME=karlikovaya-golovnya-pshenicy-obnaruzhena-specialistami-ispytatelnoy-laboratorii-temryukского-punkta-novorossiyskogo-filiala-fgbu-centr-ocenki-kachestva-zerna-v-eksportnyh-partiyah-pshenicy585> (03.06.2025)
- Карликовая головня в белорусских семенах пшеницы вызвала немедленные ответные меры Россельхознадзора (2023) <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/novosti/karlikovaya-golovnja-v-belorusskih-semenah-pshenicy-vyzvala-nemedlennye-otvetnye-mery-rosselkhoznadzora.html> (18.06.2025)
- Карликовая головня <https://vrnikc.ru/news/karlikovaya-golovnya/> (03.06.2025)
- Кечек НА (1953) Влияние внешних условий на изменчивость твердой головни и поражаемых ею растений. *Научные труды Ереванского университета* 40(5):117
- Кечек НА, Варданян ФП (1970) Распространенность видов твердой головни пшеницы в Армении в зональном разрезе. *Сборник трудов института защиты растений МСХ Арм. ССР* 1:201–223.
- Кошляева ИП (1992) Карликовая головня озимой пшеницы в условиях юга Кыргызстана и меры борьбы с ней. *Автореферат диссертации канд. с-х. наук*. Алма-Ата. 20 с.
- Лавров НИ (1934) Новые и редкие головневые грибы Северной Азии. *Труды Томского университета* XXXVI:83–87
- Лукашина СГ, Остапенко НН (2015) Карликовая головня опасное заболевание. Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов. Материалы VII международной научно-практической конференции. Краснодар. 144–147.
- Мещерякова РИ (1969) Влияние внешних условий на прорастание спор и развитие гриба *Tilletia controversa*, возбудителя карликовой головни озимой пшеницы. *Микология и фитопатология* 8:15.
- Мурашкинский КЕ (1937) *Tilletia controversa* на пырее в пределах Алтая. В сборнике статей под ред. Цицина «Проблемы пшеничных гибридов». Сельхозгиз
- Муталиева К, Илюхин Г (1973) Карликовая головня озимой пшеницы и меры борьбы с ней. *Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана* 4:26–29.
- Пидопличко МН (1953) Грибная флора грубых кормов. Киев: АН Украинской ССР. 486с.
- Проценко АЕ, Проценко ЕП (1960) О центрах формирования видов твердой головни *Tilletia*. *Бюл. Всесоюз. ин-та растениеводства* 8:126–142
- Распространение вредителей и болезней сельскохозяйственных культур в РСФСР в 1966 г. и прогноз их появления в 1967 г. (1967) Москва: Россельхозиздат. 144 с.
- Репухова НВ (2005) Экологические аспекты защиты озимой пшеницы от карликовой головни на выщелоченных черноземах Ставропольского края. *Автореферат диссертации канд. с-х. наук*. Ставрополь. 23 с.
- Ретьман СВ, Кислих ТМ, Шевчук ОВ (2014) Карликовая головня пшеницы озимой. *Карантин і захист рослин* 2:1–3
- Русаков ЛФ (1959) Карликовая головня пшеницы. *Защита растений от вредителей и болезней* 1:59
- Санин СС, Назарова ЛТ, Стрижекозин ЮА, Корнева ЛГ и др (2010) Фитосанитарная обстановка на посевах



- пшеницы в Российской Федерации (1991–2008 гг.). *Защита и карантин растений* 2:69–88
- Скрипка ОВ, Мордкович ЯБ (2018) Индийская головня пшеницы. *Защита и карантин растений* 5:37–38
- Сторчевой АЛ (1962) Карликовая головня пшеницы в условиях Ставропольского плато и изыскание мер подавления ее очагов. *Диссертация канд. биол. наук*. Ставрополь-Кавказский. 160 с.
- Сторчевой АЛ (1966) Диагностические признаки карликовой головни пшеницы *Tilletia controversa* Kühn. *Труды Ставропольского НИИ сельского хозяйства* 11:391–399.
- Уварова ДА, Сурина ТА (2020) Головневые грибы рода *Tilletia* в фитосанитарных требованиях стран – импортеров российского зерна. *Фитосанитария. Карантин растений* 4:40–45 <https://doi.org/10.69536/FKR.2020.20.50.001>
- Ульянищев ВИ (1952) Микофлора Азербайджана. Головневые грибы. АзербССР: Акад. Наук. 334с.
- Ульянищев ВИ (1968) Определитель головневых грибов СССР. Ленинград: «Наука». 182 с.
- Хохряков МК (1960) Карликовая головня пшеницы. Обзор распространения главнейших массовых вредителей и болезней сельскохозяйственных культур в 1959 г. и прогноза их появления в 1960 г. 138–140
- Хохряков МК, Захарова ТИ (1961) Карликовая головня озимой пшеницы. Распространение вредителей и болезней с.х. культур в РСФСР и прогноз их появления в 1961 г. Л., 1961. С. 70–71.
- Хохряков МК, Сторчевой АЛ (1961) Временные указания по обследованию посевов озимой пшеницы на выявление карликовой головни и мерам борьбы с ней (Государственная инспекция по карантину и защите растений министерства сельского хозяйства СССР). Москва: Сельхозгиз. 12 с.
- Шевчук ОВ, Кислих ТМ, Голосна ЛМ, Афанасьева ОГ (2020) Грибы рода *Tilletia* на зерне пшеницы озимой. *Карантин і захист рослин* 10-12(263):3–7 <https://www.10/36495/2312-0614.2020.10-12.3.7-2>
- Шутко АП (2024) Карликовая головня пшеницы: к вопросу о таксономических признаках. *Защита и карантин растений* 7:31–33. [https://doi.org/10.47528/1026-8634\\_2024\\_7\\_31](https://doi.org/10.47528/1026-8634_2024_7_31)
- Albughobeish N, Moosawi Jorf SA (2015) New races of *Tilletia laevis* and *T. caries*, the causal agents of wheat common bunt in Khuzestan province, Iran. *J Crop Prot* 4(1):59–68
- Banowitz GM, Doss RP (1994) A comparison of polypeptides from teliospores of *Tilletia controversa* (Kühn) and *Tilletia tritici* (Bjerk) Wint. *J Phytopathol* 140:285–292. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.1994.tb00610.x>
- Banowitz GM, Trione EJ, Krygier BB (1984) Immunological comparisons of teliospores of two wheat bunt fungi, *Tilletia* species, using monoclonal antibodies and antisera. *Mycologia* 76:51–62. <https://doi.org/10.2307/3792835>
- Borgen A (2004) Organic seed treatment to control common bunt (*Tilletia tritici*) in wheat. *Seed Test Int* 128:8–9.
- Borning KL (1954) Findet eine Infektion durch. Swerbreng such nach Winter statt. *Z. Pflanzenzenbau und Pflanzensch* 5(49):187–188.
- Carris LM, Castlebury LA, Huang G, Alderman SC, Luo J, Bao X (2007) *Tilletia vankyi*, a new species of reticulate-spored bunt fungus with non-conjugating basidiospores infecting species of *Festuca* and *Lolium*. *Mycol Res* 111:1386–1398. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2007.09.008>
- Castlebury LA, Carris LM, Vanky K (2005) Phylogenetic analysis of *Tilletia* and allied genera in order Tilletiales (Ustilaginomycetes; Exobasidiomycetidae) based on large subunit nuclear rDNA sequences. *Mycologia* 97:888–900. <https://doi.org/10.3852/mycologia.97.4.888>
- Connors IL (1954) The organism causing dwarf bunt of wheat. *Can J Bot* 32:426–431.
- Eibel P, Wolf GA, Koch E (2005) Detection of *Tilletia caries*, causal agent of common bunt of wheat, by ELISA and PCR. *J Phytopathol* 153:297–306. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2005.00973.x>
- EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int/taxon/TILLCO/distribution> (18.06.2025)
- Fischer GW (1952) *Tilletia brevifaciens* sp. nov., causing dwarf bunt of wheat and certain grasses. *Research Studies of Washington State University*. 20:11–14
- Fischer GW, Tyler LJ (1952) Is there an earlier record of dwarf bunt than 1931? *Plant Dis. Rep.* 36:445–447.
- Forster MK, Sedaghatjoo S, Maier W, Killermann B, Niessen L. (2022) Discrimination of *Tilletia controversa* from the *T. caries/T. laevis* complex by MALDI-TOF MS analysis of teliospores. *Appl Microbiol Biotechnol* 106:1257–1278. doi: 10.1007/s00253-021-11757-2.
- Gao L, Chen W, Liu T (2011) An ISSR-based approach for the molecular detection and diagnosis of dwarf bunt of wheat, caused by *Tilletia controversa* Kühn. *J Phytopathol* 159:155–158. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2010.01735.x>
- Gao L, Chen WQ, Liu TG (2010) Development of a SCAR marker by inter-simple sequence repeat for diagnosis of dwarf bunt of wheat and detection of *Tilletia controversa* Kühn. *Folia Microbiol* 55:258–264.
- Gao L, Feng C, Li B, Liu T, Liu B, Chen W (2015) Detection of *Tilletia controversa* using immunofluorescent monoclonal antibodies. *J Appl Microbiol* 118:497–505. <https://doi.org/10.1111/jam.12703>
- Gao L, Yu H, Han W, Gao F (2014) Development of a SCAR marker for molecular detection and diagnosis of *Tilletia controversa* Kühn, the causal fungus of wheat dwarf bunt. *World J Microbiol Biotechnol* 30:3185–3195. <https://doi.org/10.1007/s11274-014-1746-5>
- Gassner G, Niemann R (1954) Investigations of the relationship of temperature and light to spore germination of different *Tilletia*. *Phytopath. Z.* 21:367–394.
- Holton CS (1941) Preliminary investigations on dwarf bunt of wheat. *Phytopathol* 31:71–82.
- Holton CS, Rodenhiser HA (1942) New physiologic races of *Tilletia tritici* and *T. laevis*. *Phytopathol* 117–129.
- Index Fungorum <https://www.indexfungorum.org> (18.06.2025)
- Josefsen L, Christiansen SK (2002) PCR as a tool for the early detection and diagnosis of common bunt in wheat, caused by *Tilletia tritici*. *Mycol Res* 106: 1287–1292.
- Kawchuk LM, Kim WK, Nielsen J (1988) A comparison of polypeptides from the wheat bunt fungi *Tilletia laevis*, *T. tritici*, and *T. controversa*. *Can J Bot* 66:2367–2376. <https://doi.org/10.1139/b88-321>
- Kobel F (1956) Zur Nomenklatur des Zwergbran arrees *Phytopathol* 26(1):31–34.
- Kochanová M, Zouhar M, Prokinová E, Ryšánek P (2004) Detection of *Tilletia controversa* and *Tilletia caries* in wheat

- by PCR method. *Plant Soil Environ* 50(2):75–77. <https://doi.org/10.17221/3684-PSE>
- Kochanová M, Prokinová E, Ryšánek P (2006) Laboratory diagnostics of common bunt and dwarf bunt. *Czech J Genet Plant Breed* 42(10):75–77. <https://doi.org/10.17221/6237-CJGPB>
- Kühn J (1874) *Tilletia contraversa*. In Rabenhorst, Fungi Europaei. *Hedwigia* 13:188–189
- Kühn J.G. *T. laevis* In Rabenhorst, GL. 1873. Fungi Europaei exsiccati. Cent. 17(1697) 1600–1701.
- Li C, Wei X, Gao L, Chen W, Liu T, Liu B (2018) iTRAQ-based proteomic analysis of wheat bunt fungi *Tilletia controversa*, *T. caries*, and *T. foetida*. *Curr Microbiol* 75:1103–1107. <https://doi.org/10.1007/s00284-018-1490-4>
- Liang H, Peng YL, Zhang GZ, Chen WQ, Liu TG (2006) Amplification and sequence analysis of the rDNA intergenic spacer (rDNA – IGS) from three *Tilletia* species. *Acta Phytopathologica Sinica* 36:407–412.
- Lindquist JC, Sarasola AA, Cisneros RS, Carranza JM (1954) La caries enana del trigo (*Tilletia controversa*) en la Argentina y el Uruguay. *Rev Fac Agron* 30:231–243.
- Liu J, Li C, Muhae-Ud-Din G, Liu T, Chen W, Zhang J, Gao L (2020) Development of the droplet digital PCR to detect the teliospores of *Tilletia controversa* Kühn in the soil with greatly enhanced sensitivity. *Front Microbiol* 11:4. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00004>
- Liu JH, Gao L, Liu TG, Chen WQ (2009) Development of a sequence-characterized amplified region marker for diagnosis of dwarf bunt of wheat and detection of *Tilletia controversa* Kühn. *Lett Appl Microbiol* 49:235–240. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2009.02645.x>
- Lowther CV (1948) Low temperature as a factor in the germination of dwarf bunt chlamydospores. *Phytopathol* 38:309–310.
- McDonald JG, Wong E, Klassen GR (2000) Differentiation of *Tilletia* species by rep-PCR genomic fingerprinting. *Plant Dis* 84:1121–1125. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.10.1121>
- McNeil M, Roberts A, Cockerell V, Mulholland V (2004) Realtime PCR assay for quantification of *Tilletia caries* contamination of UK wheat seed. *Plant Pathol* 53(6):741–750
- Muhae-Ud-Din G, Tarafder E, Nizaman M, Wang Y (2024) First report of wheat dwarf bunt caused by *Tilletia controversa* in Pakistan. *Plant Dis* 108(2):528 <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-23-1757-PDN>
- Mulholland V, McEwan M (2000) PCR-based diagnostics of *Microdochium nivale* and *Tilletia tritici* infecting winter wheat seeds. *OEPP/EPPO Bull* 30:543–547.
- Nguyen HDT, Dettman JR, Redhead SA, Gerdis S et al. (2025) Genome sequencing, phylogenomics, and population analyses of *Tilletia*, with recognition of one common bunt species, *T. caries* (synonym *T. laevis*), distinct from dwarf bunt, *T. controversa*. *Mycologia* 117(1):60–75. <https://doi.org/10.1080/00275514.2024.2418792>
- Okamoto H, Fujine O, Shinmura A (2023) Pathogenicity of *Tilletia controversa* for temperate grasses, rye, and triticale in Hokkaido. *Jap J Grass Sci* 69(1):7–15 <https://doi.org/10.14941/grass.69.7>
- Pant SK, Kumar P, Chauhan VS (2000) Fungicidal efficacy of some bio-extracts against hill bunt disease of wheat. *Proc. Int. Conf. Integr. Plant Dis. Manag. Sustain. Agric.* 1:396–398.
- Paulech P, Paulech C, Liška M (1993) Distribution and characteristic of the fungus *Tilletia controversa* Kiihn in the stands of winter wheat in eastern Slovakia. *Czech Mycol* 47:73–78
- Pimentel, G. (2000) Genetic variation among natural populations of *Tilletia controversa* and *T. bromi*. *Phytopathology* 90, 376–383.
- Priecule I (2007) First report of dwarf bunt caused by *Tilletia controversa* in Latvia. *Plant Pathol* 56(6):1042. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01641.x>
- Ren Z, Chen R, Muhae-Ud-Din G, Fang M, Li T, Yang Y, Chen W, Gao L. 2022. Development of real-time PCR and droplet digital PCR based marker for the detection of *Tilletia caries* inciting common bunt of wheat. *Front Plant Sci.* 13:1031611. doi: 10.3389/fpls.2022.1031611
- Riehm E (1954) Zwergbrand (*Tilletia brevifaciens* G.W.Fischer). *Z. Pflanzenkr. Pflanzenpathol. Pflanzenschutz* 61:129–139
- Rudloff JE, Bauer R, Büttner P, Sedaghtjoo S, Kirsch N, Maier W (2020) Monitoring zum Vorkommen von *Tilletia controversa* (Zwergsteinbrand) an konventionell erzeugtem Winterweizen in den Bundesländern Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen, Sachsen-Anhalt Und Schleswig-Holstein. *Kulturpflanzen.* 72:7. <https://doi.org/10.5073/JfK.2020.08.16>
- Săvulescu T (1957) Ustilaginale din republica populara Romina. Bucharest: Editio Academiae Reipublicae Popularis Romanicae 1(2):113, 272, 310, 327, 1135–1138
- Sedaghatjoo S, Forster MK, Niessen L, Karlovsky P, Killermann B, Maier W (2021) Development of a loop-mediated isothermal amplification assay for the detection of *Tilletia controversa* based on genome comparison. *Sci Rep* 11:1–13.
- Sedaghatjoo S, Mishra B, Forster MK, Becker Y, Keilwagen J, Killermann B, Thines M, Karlovsky P, Maier W (2022) Comparative genomics reveals low levels of inter- and intraspecies diversity in the causal agents of dwarf and common bunt of wheat and hint at conspecificity of *Tilletia caries* and *T. laevis*. *IMA Fungus* 13:11. <https://doi.org/10.1186/s43008-022-00098-y>
- Shi YL, Loomis P, Christian D, Carris LM, Leung H (1996) Analysis of the generic relationships among the wheat bunt fungi using RAPD and ribosomal DNA markers. *Phytopathology* 86:311–318.
- Todorova B (1958) От кого се среща *Tilletia brevifaciens* Fish. в България. *Izvestiya Botanicheskogo instituta* 6:35.
- Trione EJ (1982) Dwarf bunt of wheat and its importance in international wheat trade. *Plant Dis* 66:1083–1088.
- Váňová M, Matušinský P, Benada J (2006) Survey of incidence of bunts (*Tilletia caries* and *Tilletia controversa*) in the Czech Republic and susceptibility of winter wheat cultivars. *Plant Protect Sci* 42:21–25. <https://doi.org/10.17221/2692-PPS>
- Wagner F (1948) Über das Auftreten von Zwergsteinbrand in Bayern. *Pflanzenschutz* 1.
- Weber G, Schauz K (1985) Characterization of spore protein patterns in *Tilletia controversa* and *Tilletia caries* with gel electrophoretic methods. *J Plant Dis Prot* 92:600–605

- Weed RA, Savchenko KG, Lessin LM, Carris LM, Gang DR (2021) Untargeted metabolomic investigation of wheat infected with stinking smut *Tilletia caries*. *Phytopathol* 111(12):2343–2354 <https://doi.org/10.1094/PHYTO-09-20-0383-R>
- Xu T, Yao Z, Liu J, Zhang H, Din GMU, Zhao S, Chen W, Liu T, Gao L (2020) Development of droplet digital PCR for the detection of *Tilletia laevis*, which causes common bunt of wheat, based on the SCAR marker derived from ISSR and real-time PCR. *Sci Rep*. 10:16106. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72976-7>.
- Young P (1935) A new variety of *Tilletia tritici* in Montana. *Phytopathol* 25(1):40
- Yuan Q, Nian SJ, Yin YP, Li MH, Cai J, Wang ZK (2009) Development of a PCR-based diagnostic tool specific to wheat dwarf bunt, caused by *Tilletia controversa*. *Eur J Plant Pathol* 124:585–594
- Zouhar M, Mazáková J, Prokinová E, Váňová M, Ryšánek P (2010) Quantification of *Tilletia caries* and *Tilletia controversa* mycelium in wheat apical meristem by real-time PCR. *Plant Prot Sci* 46:107–115
- Župunski V., Ignjatovic-Micic D., Nikolic A., Stankovic S., Jevtic R., Levic J., Ivanovic D. (2011): Identification of *Tilletia species* using rep-PCR fingerprinting technique. *Genetika* 43(1):183–195.

### Translation of Russian References

- Agarkov VA (1961) Karlikovaya golovnya v Khmel'nytsky oblasti [Dwarf smut in the Khmelnytsky region]. *Zashchita rasteniy ot vreditel'ey i bolezney* 8:20–21 (In Russian)
- Azbukina ZM, Karatygin IV (1995) Opredelitel' gribov Rossii. Poryadok Golovnovyye, Semeystvo Tilletiyevyie [Identification of mushrooms of Russia. Order Golovnevyie, issue 2. Family Tilletiaceae]. SPb.: Nauka, 114–154 (In Russian)
- Dobrozhakova TL, Letova MF, Stepanov KM. (1956) Opredelitel' bolezney rasteniy [Identifier of plant diseases] In: Khokhriakov MK (Eds.). Moscow, Leningrad: Selkhozgiz. 661p.
- Dotsenko AS, Kangelieva GN, Yartsev VV (1979) Karlikovaya golovnya ozimoy pshenitsy v Kirgizskoy SSR i mery bor'by s ney [Dwarf smut of winter wheat in the Kirghiz SSR and measures to control it]. Frunze. 10 p. (In Russian)
- Karlikovaya golovnya [Dwarf smut] <https://vrnikc.ru/news/karlikovaya-golovnya/> (03.06.2025) (In Russian)
- Karlikovaya golovnya v belorusskikh semenakh pshenitsy vyzvala nemedlennyye otvetnyye mery Rossel'khoznadzora [Dwarf smut in Belarusian wheat seeds caused immediate response measures by Rosselkhoznadzor] (2023) <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zashchita-rastenii/novosti/karlikovaya-golovnya-v-belorusskikh-semenakh-pshenitsy-vyzvala-nemedlennyye-otvetnyye-mery-rosselkhoznadzora.html> (18.06.2025) (In Russian)
- Karlikovaya golovnya pshenitsy obnaruzhena spetsialistami ispytatel'noy laboratorii Temryukskogo punkta Novorossiyskogo filiala FGBU «Tsentr otsenki kachestva zerna» v eksportnykh partiyyakh pshenitsy [Dwarf smut of wheat was detected by specialists of the testing laboratory of the Temryuk point of the Novorossiysk branch of the Federal State Budgetary Institution “Center for Assessment of Grain Quality” in export batches of wheat] (2020) <https://fczerna.ru/news/?NAME=karlikovaya-golovnya-pshenitsy-obnaruzhena-specialistami-ispytatel'noy-laboratorii-temryukskogo-punkta-novorossiyskogo-filiala-fgbu-centr-ocenki-kachestva-zerna-v-eksportnykh-partiyah-pshenitsy585> (03.06.2025) (In Russian)
- Gutner LS (1941) Golovnevyie griby [Smut fungi]. Moscow: Selkhozgiz. 383p. (In Russian)
- Ismailov H (1962) Karlikovaya golovnya pshenitsy v Azerbaydzhanе [Dwarf smut of wheat in Azerbaijan]. *Sotsialisticheskoye sel'skoye khozyaystvo Azerbaydzhana* 8:46–47 (In Russian)
- Karatygin IV (1986) Vozbuditeli golovnykh zernovykh kul'tur [Pathogens of head grain crops]. Leningrad: Nauka. 108p. (In Russian)
- Kechek N.A. (1953) Vliyaniye vneshnikh usloviy na izmenchivost' tvordoy golovni i porazhayemykh yeyu rasteniy [The influence of external conditions on the variability of common smut and the plants affected by it]. *Nauchnyye trudy Yerevanskogo universiteta* 40(5):117
- Kechek NA, Vardanyan FP (1970) Rasprostranennost' vidov tverdogo golovni pshenitsy v Armenii v zonal'nom razreze [Prevalence of wheat bunt species in Armenia in zonal section]. *Sbornik trudov instituta zashchity rasteniy MSKH Arm. SSR* 1:201–223 (In Russian)
- Khokhryakov MK (1960) Karlikovaya golovnya pshenitsy [Dwarf smut of wheat]. Obzor rasprostraneniya glavneyshikh massovykh vreditel'ey i bolezney sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v 1959 g. i prognoza ikh poyavleniya v 1960 g. 138–140 (In Russian)
- Khokhryakov MK, Strochev AL (1961) Vremennyye ukazaniya po obsledovaniyu posevov ozimoy pshenitsy na vyyavleniye karlikovoy golovni i meram bor'by s neyu (Gosudarstvennaya inspektsiya po karantinu i zashchite rasteniy ministerstva sel'skogo khozyaystva SSSR) [Guidelines for the inspection of winter wheat sowing for the detection of dwarf smut and measures to combat it (State Inspectorate for Quarantine and Protection of Territories of the USSR Ministry of Agriculture)]. Moscow: Selkhozgiz. 12 p. (In Russian)
- Khokhryakov MK, Zakharova TI (1961) Karlikovaya golovnya ozimoy pshenitsy. Rasprostraneniye vreditel'ey i bolezney s.kh. kul'tur v RSFSR i prognoz ikh poyavleniya v 1961 gody [Dwarf smut of winter wheat. Distribution of pests and diseases of agricultural crops in the RSFSR and forecast of their appearance in 1961]. Leningrad, 70–71 (In Russian)
- Koshelyaeva IP (1992) Karlikovaya golovnya ozimoy pshenitsy v usloviyakh yuga Kyrgistana i mery bor'by s neyu [Dwarf smut of winter wheat in the conditions of the south of Kyrgyzstan and measures to combat it]. *Abstr. PhD Thesis*. Alma-Ata. 20 p. (In Russian)
- Lavrov NI (1934) Novyye i redkiye golovnevyie griby Severnoy Azii [New and rare smut fungi of Northern Asia]. *Trudy Tomskogo universiteta* XXXVI:83–87
- Lukashina SG, Ostapenko NN (2015) Karlikovaya golovnya opasnoye zabolevaniye. Agrotekhnicheskii metod zashchity rasteniy ot vrednykh organizmov [Dwarf smut is a dangerous

- disease. Agrotechnical method of plant protection from pests]. Proceedings of the VII international scientific and practical conference. Krasnodar. 144–147
- Meshcheryakova RI (1969) [Effect of external conditions on spore germination and development of the fungus *Tilletia controversa*, the causative agent of dwarf smut of winter wheat]. *Mikologiya i fitopatologiya* 8:15. (In Russian)
- Murashkinsky KE (1937) *Tilletia controversa* na pyreya v predelakh Altaya [*Tilletia controversa* on wheatgrass within the Altai]. In: Tsitsin (eds) “Problems of wheat hybrids”. Selkhozgiz (In Russian)
- Mutaliev K, Ilyukhin G (1973) Karlikovaya glavnyy ozimoy pshenitsy i mery bor’by s ney [Dwarf smut of winter wheat and measures to control it]. *Vestnik sel’skokhozyaystvennoy nauki Kazakhstana* 4:26–29 (In Russian)
- Pidoplichko MN (1953) Gribnaya flora grubyykh kormov [Fungal flora of roughage]. Kiev: Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. 486p. (In Russian)
- Rossiya zapretila vvoz semyan pshenitsy iz Avstrii i Chexii iz-za karlikovoy glavni [Russia has banned the import of wheat seeds from Austria and the Czech Republic due to dwarf smut] (2023) <https://поле.рф/journal/publication/2050#:~:text=06%20апреля%202023-,Россия%20запретила%20ввоз%20семян%20пшеницы%20из,Чехии%20из-за%20карликовой%20головни&text=вызывает%20деформацию%20растения-,Россия%20запретила%20ввоз%20семян%20пшеницы%20из%20Австрии%20и%20Чехии%20из,в%20начале%20марта%202023%20года> (03.06.2025)
- Protsenko AE, Protsenko EP (1960) O tsentrakh formirovaniya vidov tverdog glavni *Tilletia* [On the formation centers of the species of hard smut *Tilletia*]. Byulleten’ Vsesoyuznogo instituta rasteniyevodstva. 8:126–142 (In Russian)
- Rasprostraneniye vreditel’ i bolezney sel’skokhozyaystvennykh kul’tur v RSFSR v 1966 g. i prognoz ikh poyavleniya v 1967 g. [Spread of pests and diseases of agricultural crops in the RSFSR in 1966 and forecast of their appearance in 1967] (1967) Moscow: Rosselkhozizdat. 144 p.
- Repukhova NV (2005) Ekologicheskiye aspekty zashchity ozimoy pshenitsy ot karlikovoy glavni na vyshchelochennykh chernozemakh Stavropol’skogo kraya [Ecological aspects of winter wheat protection from dwarf smut on leached chernozems of Stavropol Krai] *PhD Thesis*. Stavropol. 23p. (In Russian)
- Retman SV, Kislikh TM, Shevchuk OV (2014) Karlikovaya glavnyy pshenitsy ozimoy [Dwarf smut of winter wheat]. *Karantin i zakhist roslyn* 2:1–3 (In Ukraine)
- Rusakov LF (1959) Karlikovaya glavnyy pshenitsy [Dwarf smut of wheat]. *Zashchita rasteniy ot vreditel’ i bolezney* 1:59 (In Russian)
- Sanin CC, Nazarova LT, Strizhekozina UA, Korneva LG et al (2010) Fitosanitarnaya obstanovka na posevakh pshenitsy v Rossiyskoy Federatsii (1991–2008 gg.) [Phytosanitary situation on wheat crops in the Russian Federation (1991–2008)]. *Zashchita i karantin rasteniy* 2:69–88
- Săvulescu T. 1957. Ustilaginele din republica populara Romina [Ustilaginales of the Romanian People’s Republic]. Bucharest: Editio Academiae Reipublicae Popularis Romanicae 1(2):113, 272, 310, 327, 1135–1138 (In Romanian)
- Shevchuk OV, Kislikh TM, Golosna LM, Afanasyeva OG (2020) Griby roda *Tilletia* na zerne pshenitsy ozimoy [Fungi of the genus *Tilletia* on winter wheat grain]. *Quarantine i Zakhist Roslin* 10–12(263):3–7 (In Ukraine) <https://www.10/36495/2312-0614.2020.10-12.3.7-2>
- Shutko AP (2024) Karlikovaya glavnyy pshenitsy: k voprosu o taksonomicheskikh priznakakh [Dwarf smut of wheat: on the issue of taxonomic features]. *Zashchita i karantin rasteniy* 7:31–33 (In Russian) [https://doi.org/10.47528/1026-8634\\_2024\\_7\\_31](https://doi.org/10.47528/1026-8634_2024_7_31)
- Skipka OV, Mordkovich YaB (2018) [*Tilletia indica*]. *Zashchita i karantin rasteniy* 5:37–38 (In Russian)
- Strochevoy AL (1959) Nuzhny sorta pshenitsy, ustoychivyye protiv karlikovoy glavni [Wheat varieties resistant to dwarf smut are needed]. *Selektsiya i semenovodstvo* 5:63–64 (In Russian)
- Strochevoy AL (1962) Karlikovaya glavnyy pshenitsy v usloviyakh Stavropol’skogo plato i izyskaniye mer podavleniya yeyo ochagov [Dwarf smut of wheat in the conditions of the Stavropol plateau and the search for measures to suppress its foci]. *PhD Thesis*. Stavropol-Kavkazsky. 160 p. (In Russian)
- Strochevoy AL (1966) Diagnosticheskiye priznaki karlikovoy glavni pshenitsy *Tilletia controversa* Kühn. [Diagnostic features of dwarf smut of wheat *Tilletia controversa* Kühn]. *Trudy Stavropol’skogo NII sel’skogo khozyaystva* 11:391–399 (In Russian)
- Todorova B (1958) Ot kogo se sprecha *Tilletia brevifaciens* Fish. v Bŭlgariya [From whom is this met *Tilletia brevifaciens* Fish. in Bulgaria]. *Izvestiya Botanicheskogo instituta* 6:35 (in Bulgarian)
- Ulyanishchev V. I. (1968) Opredeletel’ glavnovykh gribov SSSR [Identification of smut mushrooms of the USSR]. Leningrad: Nauka. 182 p. (In Russian)
- Ulyanishchev VI (1952) Mikoflora Azerbaydzhana. Glavnevyye griby [Mycoflora of Azerbaijan. Smut fungi]. Azerbaydzhanskaya SSR: Akademiya Nauk. 334 p. (In Russian)
- Uvarova D, Surina T (2020) [Smut fungi of the genus *Tilletia* in phytosanitary requirements of Russian grain importing countries]. *Plant Health and Quarantine* 4:40–45 (In Russian) <https://doi.org/10.69536/FKR.2020.20.50.001>
- Voronin MN (1961) K poznaniyu glavnovykh gribov. Izbrannyye proizvedeniya. [Towards the knowledge of smut fungi. Selected works]. Moscow: Selkhozizdat. 276 p. (In Russian)
- Zakharova TI (1963) Biologicheskiye osobennosti i taksonomicheskoye polozheniye vzbuditelya karlikovoy glavni ozimoy pshenitsy [Biological characteristics and taxonomic position of the pathogen of dwarf smut of winter wheat]. *PhD Thesis*. Leningrad. 126 p. (In Russian)

## *TILLETIA* FUNGI ON WHEAT: BIOLOGICAL AND ECOLOGICAL FEATURES, DISTRIBUTION AND HARMFULNESS

E.I. Gulyaeva\*, E.L. Shaydayuk, I.A. Kazartsev, Ph.B. Gannibal

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

\*corresponding author; e-mail: [eigulyaeva@gmail.com](mailto:eigulyaeva@gmail.com)

Smut fungi of the genus *Tilletia* are widespread and harmful pathogens of wheat all over the world. In the last decade, due to the expansion of organic farming zones, there has been an increase in their importance, which determines the need for increased attention to this problem. A review of the literature data on fungi of the genus *Tilletia* (*T. caries*, *T. laevis*, *T. controversa*), pathogens of common and dwarf bunt of wheat is presented. The biological and ecological features of pathogens, morphology of spores, symptoms of diseases and historical aspects of their study in Russia and abroad are analyzed. Phytopathological and molecular diagnostic methods for the causative agents of smut diseases of the genus *Tilletia* are discussed. The limitations of phytopathological diagnostics related to the morphological similarity of teliospores of the causative agents of hard and dwarf smut are shown. A critical analysis of the development of molecular approaches to identification has been carried out, from biochemical methods and analysis of conserved genetic loci (ITS, IGS, etc.) to methods of random genomic profiling (RAPD, ISSR, etc.), MALDI–TOF mass spectrometry, isothermic amplification (LAMP), and next-generation sequencing). Special attention is paid to the problem of insufficient specificity and reproducibility of many molecular methods, including SCAR markers. The analysis of the literature data is supplemented by original experiments of the germination of *T. caries* and *T. controversa* spores and the use of a SCAR marker to identify the pathogen of dwarf wheat smut.

**Keywords:** wheat, common bunt, dwarf smut, *Tilletia caries*, *Tilletia laevis*, *Tilletia controversa*, molecular markers

Submitted: 04.09.2025

Accepted: 28.11.2025



## АССОЦИИРОВАННЫЕ С ПОДСОЛНЕЧНИКОМ МИКРОМИЦЕТЫ И ИХ ЗНАЧИМОСТЬ КАК ВОЗБУДИТЕЛЕЙ БОЛЕЗНЕЙ В РОССИИ

Е.В. Полуэктова\*, Ф.Б. Ганнибал, Т.Ю. Гагкаева, М.М. Гомжина

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

\*ответственный за переписку, e-mail: [ek.poluektova@list.ru](mailto:ek.poluektova@list.ru)

Несмотря на то, что болезням подсолнечника уделяется значительное внимание, в литературе встречаются неточности в названиях болезней, оценке их практической значимости и в употреблении научных названий видов-возбудителей. Это вызывает путаницу и снижает информативность данных о фитосанитарной обстановке. Данный обзор является продолжением серии работ, посвящённых болезням пшеницы, ячменя и картофеля. В работе приводится структурированная информация об основных заболеваниях подсолнечника и вызывающих их патогенных грибах, а также о грибах, представляющих потенциальный вред. Приведён актуальный таксономический статус видов грибов и грибоподобных организмов, связанных с подсолнечником, а также кратко описаны их распространённость и степень влияния на урожай. Микромицеты разделены на две группы по их фитосанитарной значимости: первая включает возбудителей 15 наиболее важных болезней подсолнечника, вторая — виды, вызывающие 13 малозначимых или недостаточно изученных заболеваний с неподтверждённой вредоносностью. Данные о потенциальной опасности этих грибов, во многих случаях остаются противоречивыми, а имеющаяся информация, по-видимому, требует подтверждения. Представленный обзор может служить в качестве справочника для более точного и корректного описания фитосанитарной ситуации. Также он поможет в будущем с использованием молекулярных методов проводить более нацеленные исследования для уточнения таксономии и ареалов грибов, ассоциированных с подсолнечником, и для получения более детальных данных о вредоносности болезней этой культуры.

**Ключевые слова:** *Helianthus annuus*, болезни подсолнечника, вредоносность, распространение, таксономия

Поступила в редакцию: 30.09.2025

Принята к печати: 25.11.2025

Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) является одной из важнейших масличных культур с высокой экономической рентабельностью, широко выращиваемой как на территории России и стран бывшего СССР (Украина, Белоруссия, Молдавия, Казахстан), так и в других странах мира. Рост посевных площадей культуры и изменение климатических условий приводит к распространению болезней, вызываемых грибами и грибоподобными организмами. Известно немало случаев, когда заболевания, особенно при эпифитотиях, в несколько раз снижали урожай подсолнечника, резко ухудшали качество семян и содержащегося в них масла, поэтому о болезнях подсолнечника изданы обзоры, справочники и атласы (например, Лукомец и др., 2011; Ходенкова, Белова, 2018 и другие).

Данный обзор является четвёртым в серии аналогичных работ (Ганнибал и др., 2022, 2023, 2024). Его цель — составить наиболее полный список болезней подсолнечника, вызываемых грибами и грибоподобными организмами во время вегетации с указанием действующих названий возбудителей. Существование множества синонимов названия одного и того же вида характерно для многих грибов, в том числе для большинства возбудителей болезней подсолнечника. Одна из причин — использование до 2013 года отдельных классификационных систем для половой (телеоморфной) и бесполой (анаморфной) стадий аскомицетов. В настоящее время, согласно Кодексу номенклатуры

водорослей, грибов и растений и принципу «Один гриб — одно название» допустимо использование только одного названия для одного гриба. Все остальные ранее использовавшиеся названия считаются синонимами.

Авторами был проведен анализ составленного списка, приведшего к разделению болезней на две группы. В первую группу включены экономически значимые заболевания, распространённые в России и за рубежом (Таблица 1). Для этих хорошо изученных болезней можно найти достаточно информации в литературе по методам диагностики, вредоносности, контроля и прогноза. Вторую группу составили заболевания с менее значимой или неподтверждённой вредоносностью, а также редко упоминаемые болезни (Таблица 2).

Для основных болезней из группы 1, дана информация о широте распространения заболеваний (локальное, региональное, распространённое), частоте их возникновения (редкое, периодическое [эпифитотии в регионе возникают несколько раз за десятилетие], ежегодное) и вредоносности, оцениваемой по уровню потенциальных потерь урожая при возникновении эпифитотий (низкая [не более 10% урожая], средняя [11–30%], высокая [более 30%]). Дополнительным параметром вредоносности служит показатель ухудшения качества масла (кислотное число).

Возбудители болезней подсолнечника принадлежат к различным трофическим группам: среди них

встречаются биотрофы или облигатные патогены (например, *Puccinia helianthi*, *Plasmopara halstedii*), некротрофы (*Botrytis cinerea*, *Alternaria helianthifaciens*, *Macrophomina phaseolina*, *Rhizoctonia solani*), гембиотрофы (*S. sclerotiorum*, *Diaporthe helianthi*, *Fusarium* spp.), а также сапротрофы, способные проявлять патогенные свойства факультативно (*Rhizopus arrhizus*, *R. stolonifer*, *Plenodomus lindquistii*).

Классификация болезней подсолнечника до некоторой степени условна в связи с тем, что несколько видов микромицетов способны заражать разнообразные органы растения в разные фазы, приводя к формированию различных симптомов и неравномерным потерям урожая. Например, гриб *Sclerotinia sclerotiorum* заражает надземные органы аскоспорами, вызывая гниль стебля и корзинок (белую гниль), или корни – мицелием прорастающих склероциев, вызывая корневую гниль (Ekins et al., 2011). В пораженных корзинах может содержаться 35–90 % семян со склероциями. Ряд авторов считает, что наиболее вредоносной является именно корзиночная форма болезни, биологический порог вредоносности которой составляет 5 % разрушенных корзинок. Потери урожая, в зависимости от степени поражения, могут достигать 3–80 %, кислотное число масла увеличивается в 10–15 раз (Вронских, 1981; Тихонов, 1975). Другие исследователи считают, что наиболее вредоносна прикорневая форма. При поражении подсолнечника этой формой белой гнили на ранних стадиях снижение урожайности доходит до 93 %, а снижение массы 1000 семян – до 72 %. В случае позднего заражения урожайность может падать на 44 %, а масса 1000 семян – на 42 %, что помимо прочего негативно сказывается на качестве семенного материала (Мурадасилова, 2006).

Серая гниль, вызываемая грибом *Botrytis cinerea*, также может проявляться во все фазы роста и развития подсолнечника в трёх формах: в прикорневой, стеблевой и наиболее частой – корзиночной. Основной вред заболевание приносит в период созревания корзинок. При заражении в фазе цветения 85 % корзинок потери урожая семян достигают 22 %. При этом масличность семян может уменьшаться на 1–2 %, содержание олеиновой кислоты в масле может снижаться на 2.5–3.8 %, а линолевой повышаться на 3 %. Кислотное число масла может возрастать в 12–100 раз, что делает его непригодным для пищевых целей. При наличии в посевной партии 25 % пораженных семян полевая всхожесть снижалась до 40 %, урожайность при высева таких семян уменьшалась на 10 ц/га (Лукомец и др., 2008).

Корзинки подсолнечника также могут полностью утрачиваться вследствие поражения сухой гнилью, которую вызывают грибы рода *Rhizopus*, не являющиеся облигатными патогенами. Сухая гниль спорадически наносит ущерб посевам подсолнечника во многих странах, вне зависимости от уровня агротехники. Например, в 2023 г. было зафиксировано значительное (до 70 %) поражение подсолнечника, вызванное *R. arrhizus* в США (Bermudez et al., 2024). В литературе указывают присутствие на подсолнечнике не менее пяти видов рода *Rhizopus* – возбудителей

сухой гнили. Считается, что в Краснодарском крае возбудителями сухой гнили корзинок являются виды *R. arrhizus*, *R. stolonifer* и *R. microsporus* var. *microsporus*, распространённость которых в 2006–2010 гг. сильно различалась и составила в среднем 91 %, 8 % и 0.4 %, соответственно (Бородин и др., 2012). В Тамбовской области в пораженных корзинках подсолнечника обнаруживали *R. stolonifer* и *R. arrhizus* (Выприцкая и др., 2018). Из-за трудности идентификации и происходящих изменений в систематике, весьма вероятно, что не всегда в публикациях указываются корректные видовые эпитеты, поэтому вопрос видового состава грибов рода *Rhizopus* на подсолнечнике требует более тщательного изучения с использованием современных молекулярных методов.

Заболевания, вызываемые грибами рода *Fusarium*, широко распространены по всему миру в регионах выращивания подсолнечника (Abdullah, Al-Mousawi, 2010; Саукова и др., 2023; Yang et al., 2024). В целом, информация о видовом разнообразии *Fusarium*, связанном с культивируемым подсолнечником, ограничена, но известно, что у этой культуры нет специализированных патогенов из числа фузариевых грибов. Имеются сообщения о различных видах *Fusarium*, вызывающих гнили корней и стеблей, инфицируя как сосудистую систему, так и эпидермальные слои (Антонова и др., 2002а, Саукова и др., 2023; Gagkaeva et al., 2023). Встречаются поражения листьев, стеблей и корзинок подсолнечника, приводящие к ломкости в месте инфицирования. Кроме того, семена подсолнечника также могут быть заражены грибами *Fusarium* spp. (Ghoneem et al., 2014).

Большинство возбудителей болезней подсолнечника способны инфицировать растения различных таксономических групп, но некоторые из них приурочены строго к одному хозяину. Такие специализированные виды часто подразделяются на физиологические расы, которые вирулентны для одних сортов и авирулентны для других. Так, расовый полиморфизм облигатного патогена, возбудителя ложной мучнистой росы подсолнечника оомицета *Plasmopara halstedii* представляют серьёзную угрозу для устойчивости культурных сортов. В южных регионах России, где болезнь наиболее распространена, доминируют расы 330, 710, 730 и 334. В последние годы в России выявлено 11 рас патогена, что требует постоянного мониторинга и оптимизации методов селекции подсолнечника (Ивебор и др., 2022).

Для возбудителя ржавчины подсолнечника, биотрофного узкоспециализированного гриба *Puccinia helianthi*, также известна внутривидовая расовая дифференциация. Так, на территории Российской Федерации выявлено 27 рас *P. helianthi*, различающихся по вирулентности и распространению (Арасланова и др., 2019, 2024). Вирулентностью к наибольшему числу сортов дифференциаторов обладал биотип 777, впервые выявленный в Волгоградской области в 2022 году, в то время как биотип 700 оказался наиболее распространённым (обнаружен был во всех исследованных регионах) и составил 50 % изученной выборки изолятов (Арасланова и др., 2023).

Таблица 1. Основные грибные болезни подсолнечника, культивируемого в Российской Федерации

Table 1. Major fungal diseases of sunflower cultivated in Russia

№	Название болезни (общеупотребимое на русском и английском языках)	Название возбудителя		Характеристика заболевания	
		Законное	Часто используемые синонимы	Распространение и частота возникновения эпифитотий	Вредоносность для восприимчивых сортов
1	<b>Альтернариоз (альтернариозная пятнистость листьев и стеблей, тёмно-бурая пятнистость)</b>  Alternaria leaf blight and stem spot	<i>Alternaria</i> spp.: Виды секции <i>Alternaria</i>	«мелкоспоровые» виды <i>Alternaria</i>	<b>Распространенное / периодическое</b>	<b>Низкая.</b> Поражаются листья и другие надземные органы.
		В частности: <i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl. (агрессивные штаммы)	<i>A. tenuis</i> Nees; <i>A. tenuissima</i> (Kunze) Wiltshire [некоторые исследователи по-прежнему выделяют данный гриб в отдельный вид]		
2	<b>Базальная гниль стеблей (южная склероциальная гниль)</b>  Sclerotium basal stalk and root rot (Southern blight)	Вид секции <i>Helianthinficientes</i> <i>A. helianthinficiens</i> E.G. Simmons, Walcz & R.G. Roberts		<b>Региональное / периодическое.</b> Вид распространён относительно широко. В России выявлен в Алтайском и Краснодарском краях, Республике Дагестан и Воронежской области (Ганнибал, 2011; Gannibal et al., 2022).	<b>Средняя</b>
		<i>Athelia rolfsii</i> (Sacc.) C.C. Tu & Kimbr.	<i>Sclerotium rolfsii</i> Sacc.  <i>Pellicularia rolfsii</i> (Sacc.) E. West	<b>Региональное / периодическое.</b> В России проявляется в южных регионах (Рогожева, Коченкова, 1981; Выприцкая и др., 2014а). Болезнь была отмечена в Африке, Азии, Австралии, Европе, Северной и Южной Америке, в районах с тропическим или полутропическим климатом (Punja, 1985).	
3	<b>Белая гниль</b>  Sclerotinia basal stalk rot and wilt, (midstalk rot, head rot)	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary	<i>Sclerotinia libertiana</i> Fuckel  <i>Whetzelinia sclerotiorum</i> (Lib.) Korf & Dumont	<b>Распространенное / периодическое.</b> В России распространена повсеместно в зоне выращивания культуры, наиболее интенсивно болезнь проявляется в Центральной Черноземной зоне и Северном Кавказе России (Якуткин, Саулич, 2016). Белая гниль широко распространена в США, Аргентине, странах Европы (Boland, Hall, 1994).	<b>Высокая.</b> При раннем поражении подсолнечник может полностью погибнуть, при позднем – урожай снижается в несколько раз. В годы эпифитотий заболевание поражает до 70–80% посевной площади подсолнечника (Павлюк и др., 2006).
4	<b>Вертициллёз (вертициллёзное увядание)</b>  Verticillium wilt	<i>Verticillium dahliae</i> Kleb.	<i>Verticillium albo-atrum</i> var. <i>dahliae</i> (Kleb.) R. Nelson	<b>Региональное / редкое.</b> Очаговое заболевание. Ранее отмечалось во всех районах выращивания подсолнечника (Тихонов, 1975; Кукин, 1982). Несколько интенсивнее болезнь проявляется на Северном Кавказе, в Поволжье (Саратовская и Волгоградская области) (Тихонов, 1975). Заболевание распространено в Аргентине, США и Канаде. Отмечено в Болгарии, Испании, Италии, Румынии, Турции, Украине, Франции (Martin-Sanz et al., 2018a), некоторых регионах Испании (Garcia-Carneros et al., 2014). В Европейской Союзе <i>V. dahliae</i> является регулируемым некарантинным организмом (RNQP) для растений различных семейств (EPPO, 2025).	<b>От средней до высокой.</b> Урожай семян с одной корзинки снижается на 55% (Тихонов, 1975), вес семян – на 36%.

Продолжение таблицы 1 / Table 1 continued

№	Название болезни (общеупотребимое на русском и английском языках)	Название возбудителя		Характеристика заболевания	
		Законное	Часто используемые синонимы	Распространение и частота возникновения эпифитотий	Вредоносность для восприимчивых сортов
5	<b>Ложная мучнистая роса (пероноспороз)</b> Downy mildew	<i>Plasmopara halstedii</i> (Farl.) Berl. & De Toni	<i>Plasmopara helianthi</i> Novot.	<b>Распространенное / периодическое.</b> В России распространена во всех возделываемых подсолнечник регионах, наиболее интенсивно проявляется в северной части Центрально-Черноземной зоны и предгорных районах Северного Кавказа России (Лукомец и др., 2011; Ивебор и др., 2022). Болезнь распространена повсеместно, была отмечена в 50 странах на четырёх континентах (Virányi, 2018), в настоящее время отсутствует только в Австралии и Новой Зеландии (Spring, 2019). Патоген был внесён в список карантинных объектов в Европейском Союзе (Ioos et al., 2012), в настоящее время В ЕС он отнесён к регулируемым некарантинным организмам (RNQP) для подсолнечника (EPPO Global Database, 2025).	<b>От средней до высокой.</b> В среднем потери урожая составляют 3.5 % от общего объема производства семян, однако при благоприятных для развития патогена условиях потери могут достигать 100 % (Gascuel et al., 2014).
6	<b>Пепельная (угольная) гниль</b> Charcoal rot	<i>Macrophomina phaseolina</i> (Tassi) Goid.	<i>Rhizoctonia bataticola</i> (Taubenh.) E.J. Butler; <i>Sclerotium bataticola</i> Taubenh.	<b>Региональное / редкое.</b> Основной ареал распространения патогена – южные регионы России (Северный Кавказ, Центральный Черноземный регион, Краснодарский край) (Кукин, 1982; Саенко и др., 2009). Болезнь распространена в сухих и тёплых регионах Франции, Украины, Румынии, Турции, Португалии, Сербии (Cotuna et al., 2022).	<b>От средней до высокой.</b> Недобор урожая до 64 %, масса 1000 семян снижается на 13–36 %, масличность – на 1–8 % (Лукомец и др., 2008).
7	<b>Ржавчина</b> Rust	<i>Puccinia helianthi</i> Schwein.		<b>Распространенное / ежегодное.</b> Ржавчина распространена повсеместно, особенно вредоносна в Тамбовской (Выприцкая, Кузнецов, 2020), Липецкой и Саратовской области, Краснодарском крае (Лепешко, 2021). Патоген обнаружен также в странах Северной Америки, Австралии, Европы и в Аргентине (Арасланова и др., 2019).	<b>Средняя.</b> При средней степени поражения потери могут составлять 0.5–0.7 т/га, а при сильных вспышках – в 2–3 раза больше (Лепешко, 2021), масличность семян снижается на 40 % (Децына и др., 2018).
8	<b>Септориоз, (бурая пятнистость, септориозная пятнистость листьев)</b> Septoria leaf spot	Виды <i>Septoria</i>		<b>Распространенное / редкое</b>	<b>Низкая.</b> В России до настоящего времени септориоз подсолнечника не имеет экономического значения. Вредоносность заключается в преждевременном отмирании листьев, снижении продуктивности растений и содержания масла в семенах (Выприцкая и др., 2012).
		В частности:			
		<i>S. helianthi</i> Ellis & Kellerm.		Гриб встречается повсеместно, где возделывается культура, включая Европу, Африку, Америку и Азию, особенно вредоносен в Бразилии, Индии и Пакистане (Irum, 2009; Maldaner et al., 2015; Brand et al., 2018). В России эпифитотии септориоза подсолнечника, по всей видимости, редки и эпизодичны, но возможны в годы с повышенной влажностью. Точных статистических данных по частоте эпифитотий в научной литературе не найдено.	
		<i>S. helianthicola</i> Cooke & Harkn. <i>S. helianthina</i> M. Petrov & Arsen.		<i>Septoria helianthina</i> M. Petrov & Arsen., первоначально описан в Югославии (Petrov, Arsenijevic, 1996) поражают подсолнечник, но считается ограниченным в распространении культурным и диким подсолнечником. На территории России, видимо, не зафиксирован.	

Продолжение таблицы 1 / Table 1 continued

№	Название болезни (общеупотребимое на русском и английском языках)	Название возбудителя		Характеристика заболевания	
		Законное	Часто используемые синонимы	Распространение и частота возникновения эпифитотий	Вредоносность для восприимчивых сортов
9	<b>Серая гниль</b> Botrytis head rot (Gray mold)	<i>Botrytis cinerea</i> Pers.	<i>Botryotinia fuckeliana</i> (de Bary) Whetzel.	<b>Распространенное / периодическое.</b> В России встречается во всех регионах выращивания подсолнечника (Тихонов, 1975; Илюхина, 1988). Заболевание распространено в некоторых странах Европы и Северной Америки (Шинкарев и др., 1990).	<b>От средней до высокой.</b> Потери урожая составляют 11–50 % (Кочетков, 1991), в некоторых случаях до 100 %, энергия прорастания снижается до 78 %, лабораторная всхожесть – до 82 % (Шинкарев и др., 1990). При этом снижается масличность семян, кислотное число масла возрастает в 12–100 раз (Выприцкая и др., 2015).
10	<b>Сухая гниль корзинок</b> Rhizopus head rot	Виды <i>Rhizopus</i>		<b>Распространённое / редкое.</b> В России распространена во всех регионах возделывания подсолнечника, постоянное проявление и наибольшая вредоносность отмечены в Краснодарском и Ставропольском краях, Поволжье, Тамбовской и Ростовской области (Лукомец, 2008; Выприцкая и др., 2014б; Децына и др., 2021). Поражение подсолнечника сухой гнилью отмечено в ряде стран Европы, Азии, Северной Америки, Африки и Австралии (Бородин и др., 2007; Pranami et al., 2020; Yang, 1979; Acimovic, 1983; Rogers et al., 1978; Abeywickrama, 2020; Bermudez et al., 2024).	<b>От средней до высокой.</b> Потери урожая достигают 5–50 % (Бородин, Котлярова, 2006), масличность снижается до 47.7 %, всхожесть — до 20 % (Бородин и др., 2012; Выприцкая и др., 2014б). При благоприятных условиях развития патогена потери урожая достигают 20–40 % (Бородин и др., 2013), существенно ухудшается качество масла.
		В частности:	<i>R. stolonifer</i> var. <i>stolonifer</i> ;		
		<i>R. stolonifer</i> (Ehrenb.) Vuill	<i>R. nigricans</i> Ehrenb.		
		<i>R. arrhizus</i> A. Fisch.	<i>R. oryzae</i> Went & Prins. Geerl.		
11	<b>Тёмно-бурая пятнистость (эмбеллизия, альтернариоз)</b> Leaf blight (Alternaria leaf blight, Alternaria leaf spot disease)	<i>Alternariaster helianthi</i> (Hansf.) E.G. Simmons	<i>Alternaria helianthi</i> (Hansf.) Tubaki & Nishih	<b>Распространённое / редкое.</b> Заболевание встречается повсеместно в зонах выращивания подсолнечника в России и странах б. СССР (Тихонов, 1975; Кукин, 1982; Ганнибал, 2011), обнаружено в Югославии, США, Аргентине, Венгрии (Лукомец и др., 2011).	<b>От средней до высокой.</b> Снижение урожая семян может достигать до 60 % (Carson, 1985). Поражаются листья, реже стебли и генеративные органы.
			<i>Embellisia helianthi</i> (Hansf.) Pidopl. (название, распространённое в отечественной литературе, которое не было законным образом опубликовано)		
12	<b>Фомоз</b> Black stem disease	<i>Plenodomus lindquistii</i> (Frezzi) Gruyter Aveskamp & Verkley	<i>Leptosphaeria lindquistii</i> Frezzi; <i>Phoma macdonaldii</i> Boerema	<b>Распространённое / ежегодное.</b> В настоящее время заболевание на подсолнечнике проявляется повсеместно в России и на территории б. СССР.	<b>Средняя.</b> Снижение урожая подсолнечника и его качества от болезни может достигать 25 %.



Продолжение таблицы 1 / Table 1 continued

№	Название болезни (общеупотребимое на русском и английском языках)	Название возбудителя		Характеристика заболевания	
		Законное	Часто используемые синонимы	Распространение и частота возникновения эпифитотий	Вредоносность для восприимчивых сортов
13	<b>Фомопсис (серая пятнистость стеблей подсолнечника, рак стеблей)</b>  Phomopsis stem canker	Виды <i>Diaporthe</i> В частности: <i>D. helianthi</i> Munt.-Cvetk., Mihaljc. & M. Petrov	<i>Phomopsis helianthi</i> Munt.-Cvetk., Mihaljc. & M. Petrov	<b>Распространённое / редкое.</b> В России заболевание встречается во всех регионах возделывания подсолнечника, наиболее вредоносно в южных регионах России, особенно на Северном Кавказе, в Краснодарском крае и Нижнем Поволжье (Выприцкая и др., 2013; Пивень и др., 2013). Достоверно в России <i>D. helianthi</i> идентифицирован в Ставропольском крае и Белгородской области, <i>D. gulyae</i> – в Амурской, Белгородской и Самарской областях, <i>D. phaseolorum</i> – в Краснодарском и Приморском краях, <i>D. caulivora</i> – в Приморском крае (Gomzhina, Gannibal, 2022). Надёжно идентифицировать виды <i>Diaporthe</i> возможно только в результате мультислокусного секвенирования. Из всех видов <i>Diaporthe</i> , ассоциированных с подсолнечником, только <i>D. helianthi</i> имеет строгую специализацию, остальные виды могут развиваться и на других растениях. Так, <i>D. gulyae</i> , выявлен на сое (Mathew et al., 2018) и дурнишнике. <i>D. helianthi</i> входит в Единый перечень карантинных объектов, ограниченно распространенных на территории Евразийского экономического союза (EPPO Global Database, 2025). По данным EPPO, <i>D. helianthi</i> является объектом внешнего карантина для некоторых стран Африки (Египет), Америки (Чили), Евразии (Бахрейн, Иран, Казахстан, Узбекистан, Азербайджан, Грузия), имеет статус карантинного объекта в Марокко, Китае, Белоруссии (EPPO Global Database, 2025).	<b>От средней до высокой.</b> Урожай снижается на 20–50%, выход семян до 40%, масличность – на 10–12%. Урожай снижается в 4–10 раз (Пивень и др., 2013). Из всех видов <i>Diaporthe</i> , ассоциированных с подсолнечником, наиболее вредоносными являются <i>D. helianthi</i> и <i>D. gulyae</i> (Thompson et al., 2011)
		<i>D. gulyae</i> R.G. Shivas, S.M. Thompson & A.J. Young			
		<i>D. phaseolorum</i> (Cooke & Ellis) Sacc.  <i>D. caulivora</i> (Athow & Caldwell) J.M. Santos, Vrandecic & A.J.L. Phillips  и другие			
14	<b>Фузариоз (фузариозная корневая и стеблевая гнили, гниль корзинок, фузариозное увядание, фузариоз семян).</b>  Fusarium root and stem rot, wilt, top rot	Виды <i>Fusarium</i> В частности: <i>F. graminearum</i> Schwabe <i>F. incarnatum</i> (Desm.) Sacc., <i>F. oxysporum</i> Schltdl. <i>F. proliferatum</i> (Matsush.) Nirenberg ex Gerlach & Nirenberg <i>F. solani</i> (Mart.) Sacc. <i>F. sporotrichioides</i> Sherb. <i>F. verticillioides</i> (Sacc.) Nirenberg и др.		<b>Распространённое / ежегодное.</b> Заболевание встречается повсеместно в регионах выращивания культуры (Yang et al., 2024). Симптоматика разнообразная, отмечается на всех органах подсолнечника (Ghoneem et al., 2014; Addrah et al. 2020).	<b>От низкой до высокой.</b> Наиболее вредоносны гниль корзинок, корней и увядание. Вредоносность фузариозной корневой гнили – особенно ощутима на Северном Кавказе России (Антонова и др., 20026).
15	<b>Увядание</b>	<i>Cadophora malorum</i> (Kidd & Beaumont) W. Gams		<b>Региональное / редкое.</b> Заболевание было обнаружено на полях в Оренбургской и Саратовской областях в 2015–2016 гг. (Martin-Sanz et al., 2018b). Патоген выделен из растений с симптомами увядания, пожелтения листьев и некроза, идентифицирован по морфологическим признакам и последовательности секвенированного локуса β-тубулина.	<b>От средней до высокой.</b> Заболеваемость оценивалась от 15 до 30% растений в поле, а урожайность зараженных растений была близка к нулю. У инокулированных растений наблюдались увядание и карликовость, некротизированные листья.

Таблица 2. Второстепенные, малоизученные или не встречающиеся в России грибные заболевания подсолнечника

Table 2. Minor, poorly studied or not found in Russia fungal diseases of sunflower

№	Название болезни (общеупотребимое на русском и английском языках)	Название возбудителя		Распространение заболевания или ассоциированного с ним микроорганизма	Особенности взаимоотношения микроорганизма с подсолнечником
		Законное	Часто используемые синонимы		
1	<b>Альтернариозная пятнистость (альтернариоз, тёмно-бурая пятнистость)</b>  Alternaria leaf blight, Alternaria stem spot, Alternaria head rot)	<i>Alternaria</i> spp.: Виды секции <i>Porri</i>	«крупноспоровые» виды <i>Alternaria</i>		Чаще всего поражаются листья, реже стебель и корзинки.
		В частности:  <i>A. zinniae</i> H. Pape ex M.B. Ellis		Данный вид был обнаружен дважды: в Таиланде в конце 1980-х гг. (Prathuangwong et al., 1991) и в Пакистане в середине 1990-х (Bhutta et al., 1997). Корректность идентификации патогена вызывает сомнения. Вполне вероятно, что <i>A. zinniae</i> был перепутан с морфологически сходным <i>A. helianthifaciens</i> , который на момент выполнения упомянутых исследований ещё не был описан.	Вредоносность на подсолнечнике не изучена.
		<i>A. protenta</i> E. G. Simmons		Данный патоген обнаружен на подсолнечнике в Южной Корее (Cho, Yu, 2000) и Китае (Wang et al., 2014). Единичные находки были сделаны в Европейской части России (Ивебор и др., 2013).	Вредоносность на подсолнечнике не изучена. В лабораторных условиях показана патогенность для листьев подсолнечника (Cho, Yu, 2000).
		<i>A. solani</i> Sorauer		Патоген распространён повсеместно в зонах выращивания картофеля. Патоген поражает картофель, реже томаты и растения других семейств (Gannibal et al., 2014; Woudenberg et al., 2014; Ayad et al., 2019). На подсолнечнике обнаружен один раз в Китае (Zhang et al., 2021). В России обнаружен повсеместно, но исключительно на томатах и картофеле (Gannibal et al., 2014).	Вредоносность на подсолнечнике не изучена. В лабораторных условиях показана патогенность для листьев подсолнечника (Zhang et al., 2021).
		<i>A. linariae</i> (Neerg.) E.G. Simmons	<i>A. tomatophila</i> E.G. Simmons; <i>A. cretica</i> E.G. Simmons & Vakal.; <i>A. subcylindrica</i> E.G. Simmons & R.G. Roberts; <i>A. solani</i> в широком понимании	Патоген распространён повсеместно в зонах выращивания томата. Патоген поражает томаты, реже картофель и растения других семейств (Gannibal et al., 2014; Woudenberg et al., 2014; Ayad et al., 2019). На подсолнечнике обнаружен один раз в Китае (Zhang et al., 2021). В России обнаружен повсеместно, но исключительно на томатах и картофеле (Gannibal et al., 2014).	Вредоносность на подсолнечнике не изучена. В лабораторных условиях показана патогенность для листьев подсолнечника (Zhang et al., 2021).
		Виды других секций			
		В частности: <i>A. longissima</i> Deighton & MacGarvie		Данный вид обнаружен единожды в Таиланде в конце 1980-х гг. (Prathuangwong et al., 1991). Корректность идентификации вида вызывает сомнения.	Вредоносность на подсолнечнике не изучена.
		<i>A. helianthicola</i> G. N. Rao & Rajagop		Данный вид обнаружен единожды в Индии в 1970-е гг. (Narasimhan, Rajagopalan, 1979). Корректность идентификации вида вызывает сомнения.	Вредоносность на подсолнечнике не изучена.
		<i>A. myanmarensis</i>		Изоляты данных видов выделены единожды из поражённых листьев подсолнечника в Мьянме (Nwe et al., 2024).	Вредоносность не изучена.
		<i>A. yamethinensis</i> <i>A. burnsii</i>			

Продолжение таблицы 2 / Table 2 continued

№	Название болезни (общеупотребимое на русском и английском языках)	Название возбудителя		Распространение заболевания или ассоциированного с ним микроорганизма	Особенности взаимоотношения микроорганизма с подсолнечником
		Законное	Часто используемые синонимы		
2	Аскохитоз (чёрная пятнистость листьев)	Виды <i>Ascochyta</i> В частности:		<p>Гриб был описан в 1939 году Абрамовым И.Н. с листьев подсолнечника с симптомами пятнистости, собранных в Уссурийске как <i>Ascochyta helianthi</i>. Однако описание было составлено без необходимого на тот момент латинского диагноза, поэтому название считается невалидным. В 1977 году Нелен Е.С. переописал этот гриб как <i>A. abramovii</i> (Nelen, 1977). Согласно диагнозу, гриб широко распространён на юге Дальнего Востока, на листьях подсолнечника вызывает очень крупные пятна, бурые, тёмно-бурые или почти чёрные, позже в центре светлые, формирует пикниды с двуклеточными конидиями.</p> <p>На основании идентификации только по симптомам и реже по морфологическим признакам, выявлен в Тамбовской области (Выприцкая и др., 2011). Зарубежное фитопатологическое сообщество не выделяет это заболевание в отдельную группу и не приводит ни в одном из справочников, посвящённых болезням подсолнечника. В настоящее время в мире нет достоверных сведений об обнаружении штаммов этого гриба. В наших исследованиях из всех образцов со схожей симптоматикой были выделены только штаммы <i>Alternaria</i> spp. Вероятно, распространённость и встречаемость этого заболевания сильно переоценена.</p>	Вредоносность на подсолнечнике не изучена.
		<i>A. abramovii</i> Nelen	<i>Ascochyta helianthi</i> Abramov		
3	Белая ржавчина White rust	<i>Pustula helianthicola</i> C. Rost & Thines		Заболевание, вызываемое этим видом, является одним из наиболее важных для подсолнечника в Южной Африке (Lava et al., 2015). Массовые вспышки заболевания были зафиксированы в Аргентине в 2012 году, а ранее в регионах с жарким и сухим летом в США и России (Zimmer, Hoes, 1978). В Северной и Южной Америке болезнь встречается редко на диких видах подсолнечника, сильно распространена и считается потенциально опасной в Австралии (Лукомец и др., 2011).	На территории б. СССР впервые было выявлено в 1960 (Harveson et al., 2016). По данным ВНИИМК число поражённых растений в Краснодарском крае в годы, благоприятные для развития болезни, не превышало 5–7% (Лукомец и др., 2011).
		<i>Pustula tragopogonis</i> (Pers.) Thines  Было показано, что патоген подсолнечника из рода <i>Pustula</i> , следует относить к отдельному виду – <i>P. helianthicola</i> (Rost, Thines, 2012). Соответственно, вероятно, все находки <i>P. tragopogonis</i> на подсолнечнике на самом деле являются <i>P. helianthicola</i> .	<i>Albugo tragopogonis</i> (Pers.) Gray; <i>Cystopus tragopogonis</i> (Pers.) J. Schröt.	Заболевание, вызываемое этим видом, было отмечено на подсолнечнике в США: в северо-западной и западной частях Канзаса (в 1992–1997 гг.) и на востоке Колорадо (в 1994–1997 гг.), но в период 1998–2001 гг. отсутствовало в этих штатах Америки (Gulya et al., 2002). Ранее сообщалось об обнаружении заболевания на подсолнечнике в штатах Висконсин, Миссури и Иллинойс (Farr et al., 1989). Заболевание зарегистрировано в некоторых странах Европы (Франция (Penaud, Perny, 1995), Бельгия (Crepel et al., 2006)) Германия (Thines et al., 2006), Австралия и Африка (Allen, Brown, 1980; Viljoen et al., 1999).	Несмотря на то, что поражение листьев подсолнечника белой ржавчиной, как правило, считалось незначительным, Van Wyk с соавторами в 1995 году сообщали, что в период с 1965 заболевание получило серьёзное распространение и приводило к потере до 80% растений из-за обламывания стеблей (Van Wyk et al., 1995).

Продолжение таблицы 2 / Table 2 continued

№	Название болезни (общеупотребимое на русском и английском языках)	Название возбудителя		Распространение заболевания или ассоциированного с ним микроорганизма	Особенности взаимоотношения микроорганизма с подсолнечником
		Законное	Часто используемые синонимы		
4	<b>Корневая гниль</b> (техасская корневая гниль) <i>Phymatotrichopsis</i> root rot (Texas root rot)	<i>Phymatotrichopsis omnivora</i> (Shear) Hennebert	<i>Phymatotrichum omnivorum</i> (Shear) Duggar	Вызывает заболевание корневую гниль более чем у 2000 видов двудольных растений. Патоген занесен в список IAI Директивы 2000/29/ЕС. Зафиксирован в юго-западной части США, Ливии и Венесуэле, на севере Мексики. По критериям EFSA возбудитель <i>P. omnivora</i> рассматривается как потенциальный объект карантина (Bragard et al., 2019).	
5	<b>Листовая головня</b> Leaf smut	Виды <i>Entyloma</i>  В частности:  <i>E. compositarum</i> Farl.  <i>E. gaillardianum</i> Vánky  <i>E. polysporum</i> (Peck) Farl.		Листовая головня известна только на подсолнечнике, выращиваемом в теплицах, предположительно она встречается редко. Заболевание развивается во влажных, прохладных и затенённых условиях, поэтому ему более подвержены растения в тепличных условиях, нежели в полях (Dirac et al, 1999).	<i>Entyloma polysporum</i> (Peck) Farlow — подтверждённый возбудитель головни подсолнечника, хотя сообщается о <i>E. gaillardianum</i> Vánky и <i>E. compositarum</i> Farl. на других декоративных растениях <i>Asteraceae</i> . Также известно о предположительно новых видах головни на подсолнечнике в Калифорнии (Dirac et al, 1999). Известны системные инфекции молодых саженцев, что позволяет предположить, что инфекция может передаваться через семена. Гриб сохраняется в почве в виде телиоспор или хламидоспор (Byrne, 2006).
6	<b>Листовая и стеблевая гниль</b> <i>Myrothecium</i> leaf and stem spot	Виды ранее относимые к роду <i>Myrothecium</i>  В частности: <i>Paramyrothecium roridum</i> (Tode) L. Lombard & Crous  <i>Albifimbria verrucaria</i> (Alb. & Schwein.) L. Lombard & Crous	<i>Myrothecium roridum</i> Tode  <i>M. verrucaria</i> (Alb. & Schwein.) Ditmar	На вегетирующих растениях подсолнечника заболевание выявлено только в Аргентине ( <i>A. verrucaria</i> ) и Пакистане ( <i>P. roridum</i> ) (Harveson et al., 2016). <i>Myrothecium roridum</i> был выделен с семян подсолнечника в Ираке (Abdullah, Al-Mosawi, 2010), из образцов почвы (Abdullah, Zora, 1993; Abdullah, Saadullah, 2013) и околотовных поверхностных отложений (Abdullah, Abbas, 2008).	Слабый патоген, вредность на подсолнечнике неизвестна.

Продолжение таблицы 2 / Table 2 continued

№	Название болезни (общеупотребимое на русском и английском языках)	Название возбудителя		Распространение заболевания или ассоциированного с ним микроорганизма	Особенности взаимоотношения микроорганизма с подсолнечником
		Законное	Часто используемые синонимы		
7	<b>Мучнистая роса</b> Powdery mildew	<i>Golovinomyces cichoracearum</i> (DC.) Heluta	<i>Euoidium</i> sp. <i>Erysiphe cichoracearum</i> DC. f. <i>helianthi</i> Jacz., <i>L. compositarum</i> f. <i>helianthi</i> Golovin. <i>E. cichoracearum</i> (DC.) Heluta	Распространена в южных степных районах возделывания подсолнечника. На территории России на подсолнечнике отмечены <i>E. cichoracearum</i> f. <i>helianthi</i> и <i>L. compositarum</i> f. <i>helianthi</i> . Вид <i>G. cichoracearum</i> распространён во Франции, Индии и Аргентине (Talemarada et al., 2017; Braun et al., 2000). <i>Podosphaera fuliginea</i> был отмечен на подсолнечнике в Индии и Аргентине (Лукомец и др., 2011), странах Европы, в Китае, Японии, Южной Кореи (Farr, Rossman 2025).	Болезнь вызывает преждевременное усыхание листьев, снижает урожайность подсолнечника и масличность. В годы эпифитотий недобор урожая составляет до 6 ц с гектара.
		<i>Leveillula taurica</i> (Lév.) G. Arnaud			
		<i>Podosphaera fuliginea</i> (Schltld.) U. Braun & S. Takam.	<i>Sphaerotheca fuliginea</i> (Schltld.) (Schltld.) Pollacci		
		<i>Podosphaera xanthii</i> (Castagne) U. Braun & Shishkoff	<i>S. xanthii</i> (Castagne) L. Junell		
8	<b>Питиозная корневая и стеблевая гниль</b> Pythium root and basal stem rot	<i>Pythiaceae</i> spp. В частности: <i>Pythium aphanidermatum</i> (Edson) Fitzp.		Виды <i>Pythium</i> и <i>Globisporangium</i> развиваются в почве и являются космополитами. <i>P. aphanidermatum</i> по данным литературы встречается в Пакистане на различных культурах (банан, бамия, редис, кунжут и др.) (Lodhi et al., 2013; Rajput et al., 2024), Китае (Li et al., 2024), на конопле в США (Beckerman et al., 2017). <i>G. debaryanum</i> также распространён на различных растениях, почве и воде во многих регионах России (Пыстина, 1998).	В связи с тем, что ооспоры этих грибов прорастают с образованием подвижных зооспор, которые хемотаксически притягиваются к корневым экссудатам, все виды <i>Pythium</i> в значительной степени распространяются при повышенной влажности и могут вызывать последствия в условиях плохого дренирования почвы (Weiland, Santamaria, 2025). В эксперименте по искусственному заражению семян суспензией ооспор гриба, было показано, что все генотипы подсолнечника чувствительны к патогену (Asgharipour, 2012).
		<i>Globisporangium debaryanum</i> (R. Hesse) Uzuhashi, Tojo & Kakish.	<i>Pythium debaryanum</i> R. Hesse		
		<i>G. irregulare</i> (Buisman) Uzuhashi, Tojo & Kakish.	<i>P. irregulare</i> Buisman		
9	<b>Ржавчина</b> Rust	<i>Pucciniales</i> spp. Виды <i>Puccinia</i> В частности:		Гриб был зарегистрирован на растениях семейства <i>Asteraceae</i> на Среднем Западе США (Gulya, Stegmeier, 2007) и на растениях рода <i>Cyperus</i> (Callaway et al., 1985) в США, Южной Америке, Африке и Азии.	<i>Puccinia canaliculata</i> формирует небольшие приподнятые пикнии на подсолнечнике, после них развиваются крупные (2–10 мм) скопления типичных оранжевых эциев. Гриб формирует урединии и телии только на своем альтернативном хозяине – орешнике (Арасланова и др., 2024).
		<i>P. canaliculata</i> (Schwein.) Lagerh.			

Продолжение таблицы 2 / Table 2 continued

№	Название болезни (общеупотребимое на русском и английском языках)	Название возбудителя		Распространение заболевания или ассоциированного с ним микроорганизма	Особенности взаимоотношения микроорганизма с подсолнечником
		Законное	Часто используемые синонимы		
9	<b>Ржавчина</b> Rust	<i>P. enceliae</i> Dietel & Holw.		Гриб встречается в засушливых районах юго-запада США, Мексики и Центральной Америки на <i>Helianthus</i> и некоторых пустынных кустарниках (Markell et al., 2009).	<i>Puccinia enceliae</i> , и <i>P. massalis</i> формируют урединии и телии, которые неотличимы от таковых у <i>P. helianthi</i> . Эти виды возможно дифференцировать по морфологии телиоспор. Телиоспоры <i>P. enceliae</i> и <i>P. massalis</i> меньше телиоспор <i>P. helianthi</i> (Harveson et al., 2016).
		<i>P. massalis</i> Arthur		Гриб был обнаружен только в Техасе (Gulya et al., 1997).	Гриб <i>P. massalis</i> на территории РФ не обнаружен (Арасланова и др., 2024).
		<i>P. xanthii</i> Schwein.		Гриб <i>P. xanthii</i> – космополит, распространён на растениях <i>Xanthium</i> spp., редко встречается в США (Gulya, Charlet 2007), на подсолнечнике, зарегистрирован только в Австралии и Южной Африке, найден на некоторых сортах подсолнечника в Австралии (Sendall et al., 2006; Markell et al., 2009). В РФ этот вид был обнаружен в 1968 году М.И. Николаевой в Воронежской области, а позднее З.М. Азбукиной на Дальнем Востоке (Azbukina, 1970).	Известно, что у <i>P. xanthii</i> Schwein. существует несколько специальных форм, и не все они поражают подсолнечник (Markell et al., 2009). У <i>P. xanthii</i> , развивающемся на дурнишнике, отсутствуют пикнидальная, эцидиальная и урединальная стадии, и весь жизненный цикл заключается в образовании телий с телиоспорами (Арасланова и др., 2024). Телии, большие (2–10 мм), выпуклые и шоколадно-коричневые, становящиеся серыми по мере прорастания спор на месте, встречаются только на нижней поверхности листа (Azbukina, 1970).
		<i>Uromyces junci</i> Tul.			Эцидиальная стадия <i>U. junci</i> и <i>N. silphii</i> развивается на <i>Helianthus</i> spp., в то время как части жизненного цикла с формированием урединий и телий этих возбудителей проходят на тростнике ( <i>Juncus</i> spp.) (Markell et al., 2009).
		<i>Nigredo silphii</i> (Burrill) Arthur	<i>Uromyces silphii</i> Arthur		Для полного жизненного цикла патогену требуется в качестве растения-хозяина сосна (стадии пикний и эциев), а стадии урединий и телий проходят на <i>Helianthus</i> spp. (Markell, 2009; Арасланова и др., 2024).
		Виды <i>Coleosporium</i> В частности:  <i>C. helianthi</i> (Schwein.) Arthur  <i>C. madiiae</i> Cooke		Эти два гриба – возбудители ржавчины сосны, подсолнечник выступает в качестве хозяина для стадий формирования урединий и телий, такие случаи были зарегистрированы только на востоке США (Hedgecock, 1928; Trigiano, 2022).	



Продолжение таблицы 2 / Table 2 continued

№	Название болезни (общеупотребимое на русском и английском языках)	Название возбудителя		Распространение заболевания или ассоциированного с ним микроорганизма	Особенности взаимоотношения микроорганизма с подсолнечником
		Законное	Часто используемые синонимы		
10	<b>Ризоктониозная корневая гниль</b> Root rot (Rhizoctonia root and basal stem rot)	<i>Rhizoctonia solani</i> J. G. Kühn	<i>Thanatephorus cucumeris</i> (A.B. Frank) Donk	<b>Распространенное / редкое.</b> Корневая гниль подсолнечника распространена повсеместно в России и странах б. СССР (Кукин, 1982). Некротрофный патоген, поражает проростки подсолнечника, вызывая поражения корня и стебля на уровне линии почвы (Lakshmidevi et al., 2010).	<b>От средней до высокой.</b> Потери урожая могут достигать 50 % (Peres et al., 2000).
11	<b>Фиалофоровое пожелтение</b> Phialophora yellows	<i>Phialophora asteris</i> f. sp. <i>helianthi</i> Tirilly & C. Moreau	<i>Cephalosporium asteris</i> Dowson	Болезнь была впервые обнаружена в Манитобе (Канада) в 1986 году (Rashid, 2016), в 1995 – в Италии (Harveson et al., 2016) в 2010 году была зафиксирована в Небраске (R. Harveson, неопубликовано). В целом, болезнь и ее распространённость по-прежнему считаются редкими.	Вредоносность на подсолнечнике не изучена.
12	<b>Фитофтороз стебля</b> Phytophthora blight	Виды <i>Phytophthora</i>		Неспециализированные патогены. Фитофтороз подсолнечника был зарегистрирован в Иране, США, Италии и Китае (Wu et al., 2016). Типичные симптомы сначала проявляются в виде небольших тёмно-коричневых пятнышек на стебле и корневой шейке, которые позже увеличиваются и чернеют. Зараженные участки часто распространяются на внутренние ткани, что приводит к увяданию растения.	Болезнь может привести к потере урожая и снижению качества пораженного подсолнечника (Wu et al., 2016).
		В частности: <i>P. drechsleri</i> Tucker			
13	<b>Церкоспороз</b>	<i>Passalora helianthi</i> (Ellis & Everh.) U. Braun & Crous	<i>Cercospora helianthi</i> Ellis & Everh.	Заболевание ежегодно и повсеместно встречается в посевах подсолнечника в Брунее, Венесуэле и Индии (Farr, Rossman 2025).	Недобор урожая обычно составляет около 5%.

Отдельно можно отметить единичные находки грибов, ассоциированные с культивируемым подсолнечником, требующие подтверждения. Так, в работе Выприцкой с соавторами 2011 года в Тамбовской области из семян, листьев и оснований стеблей подсолнечника были выделены *Bipolaris sorokiniana*, *B. specifera*, *Curvularia lunata* и *Exserohilum rostratum*. Данными авторами была экспериментально доказана слабая патогенность *B. sorokiniana* к проросткам и высокая для *E. rostratum* (Выприцкая и др., 2011).

Согласно анализу данных, к основным заболеваниям подсолнечника, вызываемым грибами и грибоподобными организмами, можно отнести 15. Карантинный статус имеют четыре вида в различных странах, на территории России объектом карантина является возбудитель фомопсиса подсолнечника (*Diaporthe helianthi*). Второстепенными, малоизученными, редко или совсем не встречающимися на территории России можно считать 13 заболеваний.

### Благодарности

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

### Библиографический список (References)

- Антонова ТС, Арасланова НМ, Саукова СЛ (20026) Распространение фузариоза подсолнечника в Краснодарском крае. Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 3: 6–8
- Антонова ТС, Маслиенко ЛВ, Мурадосилова НВ, Саукова СЛ (2002а) Виды грибов из рода Фузариум, встречающиеся на подсолнечнике в Краснодарском крае, и их патогенность. Современная микология в России. Первый съезд микологов России. Тезисы докладов: 171
- Арасланова НМ, Антонова ТС, Ивебор МВ, Хатнянский ВИ (2019) Определение расовой принадлежности изолятов ржавчины (*Puccinia helianthi* Schwein.), поражающей подсолнечник в некоторых регионах России. *Масличные культуры* 4 (180): 107–112. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2019-4-180-107-112>
- Арасланова НМ, Антонова ТС, Саукова СЛ, Ивебор МВ (2023) Разнообразие биотипов возбудителя ржавчины подсолнечника в регионах Российской Федерации. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока* 24(5):792–798. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.792-798>
- Арасланова НМ, Антонова ТС, Саукова СЛ, Ивебор МВ (2024) О возбудителях ржавчины подсолнечника (обзор). *Масличные культуры* 3 (199):63–72. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2024-3-199-63-72>
- Бородин СГ, Котлярова ИА, Соснина ЮМ (2007) Грибы рода *Rhizopus* Ehrenb. *Масличные культуры*.

- Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур 2 (137):55–57
- Бородин СГ, Котлярова ИА, Терещенко ГА, Соснина ЮМ (2013) Сухая гниль подсолнечника и дополнительные дифференцирующие признаки видов рода *Rhizopus* Ehrenb. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур 1 (153–154): 124–131
- Бородин СГ, Котлярова ИА (2006) Грибные болезни подсолнечника в Краснодарском крае. В кн. Пивень ВТ (ред) Болезни и вредители масличных культур: сб. науч. работ. Краснодар: ВНИИМК:3–10
- Бородин СГ, Котлярова ИА, Терещенко ГА (2012) Видовой состав грибов рода *Rhizopus* Ehrenb. на подсолнечнике. Масличные культуры Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур 2: 152–157
- Выприцкая АА, Кузнецов АА (2020) Ржавчина на посевах подсолнечника в Тамбовской области. Вестник Мичуринского государственного аграрного университета 3 (62): 26–29
- Выприцкая АА, Кузнецов АА, Зеленёва ЮВ, Козачек АВ (2018) Методы искусственного заражения подсолнечника грибами рода *Rhizopus* Ehrenb. Вопросы современной науки и практики. Университет имени В. И. Вернадского (2):28–33. <https://doi.org/10.17277/voprosy.2018.02.pp.028-033>
- Выприцкая АА, Кузнецов АА, Мустафин ИИ, Мазурина ЗИ и др (2015) *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Vary в Тамбовской области. Вестник Тамбовского университета 20(1): 194–198
- Выприцкая АА, Кузнецов АА, Пучнин АМ (2014а) Базидиальные грибы – патогены подсолнечника в Тамбовской области. Вестник Тамбовского университета 19(6):2013–2017
- Выприцкая АА, Кузнецов АА, Пучнин АМ, Мустафин ИИ и др (2014) Грибы рода *Rhizopus* Ehrenb. на подсолнечнике в Тамбовской области. Вестник Тамбовского университета 19(3): 1029–1034
- Выприцкая АА, Пучнин АМ, Кузнецов АА (2011) Редко встречающиеся в Тамбовской области патогены подсолнечника. Вестник Тамбовского университета 16 (6):1586–1588
- Выприцкая АА, Пучнин АМ, Кузнецов АА (2012) Возбудители потенциально опасных болезней подсолнечника. Вестник Тамбовского университета 17(2):764–767
- Выприцкая АА, Пучнин АМ, Кузнецов АА (2013) Факторы, не способствующие распространению и развитию фомопсиса в Тамбовской области. Вестник Тамбовского университета 18 (4):1261–1265
- Вронских МД (1981) Защита подсолнечника от болезней при индустриальной технологии. Масличные культуры 3: 34–37
- Ганнибал ФБ (2011) Видовой состав, систематика и география возбудителей альтернариозов подсолнечника в России. Вестник защиты растений 1:13–19
- Децына АА, Терещенко ГА, Илларионова ИВ (2018) Распространённость ржавчины на сортах подсолнечника в условиях Краснодарского края. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур 2(174):101–106. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2018-2-174-101-106>
- Децына АА, Хатнянский ВИ, Илларионова ИВ, Арасланова НМ и др (2021) Мониторинг болезней на сортах подсолнечника селекции ВНИИМК. Масличные культуры 1(185): 67–72. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2021-1-185-67-72>
- Ивебор МВ, Антонова ТС, Арасланова НМ, Саукова СЛ и др. (2022) Состояние популяции возбудителя ложной мучнистой росы подсолнечника в регионах Российской Федерации. Аграрная наука Евро-Северо-Востока 23 (1):90–97. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.90-97>
- Ивебор МВ, Антонова ТС, Саукова СЛ (2013) К вопросу о возбудителях альтернариоза подсолнечника. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур 1:(153–154)
- Илюхина МК (1988) Болезни подсолнечника в ЦЧР. Защита растений 8:16–17
- Кочетков ВВ (1991) Некоторые биологические особенности и вредоносность серой гнили подсолнечника: Автореф. дисс. ... к.б.н. Л. 17 с.
- Кукин ВФ (1982) Болезни подсолнечника и меры борьбы с ними. М.: Колос. 79 с.
- Лепешко ЕС (2021) Ржавчина подсолнечника (*Puccinia helianthi* Schwein) (обзор литературы) Зерновое хозяйство России 3 (75):88–92. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-75-3-88-92>
- Лукомец ВМ, Пивень ВТ, Тишков НМ (2011) Болезни подсолнечника. В кн.: Лукомец ВМ (ред). ВНИИМК. 210 с.
- Лукомец ВМ, Пивень ВТ, Тишков НМ, Шуляк ИИ (2008) Защита подсолнечника. Защита и карантин растений 2:78–108
- Мурадасилова НВ (2006) Влияние поражения склеротиниозом подсолнечника на посевные качества семян. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур 2 (135):61–66
- Нелен ЕС (1977) Новые виды пикнидиальных грибов с юга Дальнего Востока. Новости систематики низших растений 14:103–106
- Павлюк НТ, Павлюк ПН, Фомин ЕВ (2006) Подсолнечник в Центрально-Черноземной зоне России: монография. Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ. 226 с.
- Пивень ВТ, Бородин СГ, Шуляк ИИ, Мурадасилова НВ (2013) Фомопсис – опасная болезнь подсолнечника. Защита и карантин растений 7:30–34
- Пыстина КА (1998) Определитель грибов России. Класс Оомицеты. Выпуск 2. Род *Pythium* Pringsh. СПб.: Наука. 126 с.
- Рогожева МФ, Коченкова КГ (1981) Белая и серая гнили подсолнечника. Защита растений 5: 20–21
- Саенко ГМ, Зеленцов СВ, Пивень ВТ (2009) Царство грибов в системе организмов и современное определение вида *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур 1 (140):105–113

- Саукова СЛ, Антонова ТС, Арасланова НМ, Ивбор МВ (2023) Сохранение штаммов грибов из рода *Fusarium*, поражающих подсолнечник, в культуре на разных субстратах и температурных режимах. *Масличные культуры* 1 (193):67–72. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2023-1-193-67-72>
- Тихонов ОИ (1975) Болезни подсолнечника В кн.: Пустовойт ВС (ред) М.: Колос. 391–425
- Ходенкова АМ, Белова ЕС (2018) Фитосанитарное состояние посевов подсолнечника масличного в Республике Беларусь. *Защита растений* (42):363–369
- Шинкарев ВП, Масленникова ТИ, Дайнеко ТС, Кобилева ЭА (1990) Распространение болезней подсолнечника и борьба с ними за рубежом. М. 72 с.
- Якуткин ВИ, Саулич МИ (2016) Фитосанитарные риски болезней и заразики в ареалах подсолнечника России, Украины, Молдавии и Казахстана. *Вестник защиты растений* 2(88):15–21
- Abdullah SK, Abbas BA (2008) Fungi inhabiting surface sediments of Shatt Al-Arab River and its creeks at Basrah, Iraq. *Basrah J Sci* 26 (1):68–81
- Abdullah SK, Al-Mosawi KA (2010) Fungi associated with seeds of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars grown in Iraq. *Phytopathol* 57:11–20
- Abdullah SK, Saadullah AA (2013) Soil mycobiota at grapevine plantations in Duhok, North Iraq. *Mesop J Agric* 41 (1):437–447
- Abdullah SK, Zora SE (1993) Soil microfungi from date palm plantations in Iraq. *Basrah J Sci* 11 (1): 45–57
- Abeywickrama PD, Jayawardena RS, Zhang W, Hyde KD et al. (2020) *Rhizopus arrhizus* (syn. *R. oryzae*) causing sunflower head rot in Hebei Province, China. *Plant Dis* 104(10): 2732. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-19-2228-PDN>
- Addrah ME, Zhang Y, Zhang J, Liu L et al (2020) Fungicide treatments to control seed-borne fungi of sunflower seeds. *Pathogens* 9:29. <https://doi.org/10.3390/pathogens9010029>
- Acimovic M (1983) Prouzrokovaci bolesti suncokreta i njihovo suzbijanje. Beograd: Nolit. 104 p.
- Allen SJ, Brown JF (1980) White blister, petiole greying and defoliation of sunflowers caused by *Albugo tragopogonis*. *Australas Plant Pathol* 9:8–9
- Asgharipour MR (2012) Identification of resistance to *Pythium ultimum* in sunflower seedlings. *Curr Res J Biol Sci* 4(3):273–274
- Ayad D, Aribi D, Hamon B, Kedad A et al (2019) Distribution of large-spored *Alternaria* species associated with early blight of potato and tomato in Algeria. *Phytopathol Mediterr* 58 (1):139–149. [https://doi.org/10.13128/Phytopathol\\_Mediterr-23988](https://doi.org/10.13128/Phytopathol_Mediterr-23988)
- Azbukina ZM, Nikolaeva MI (1970) *Puccinia xanthii* Schwein. v SSSR. Novosti sistematiki nizshikh rasteniy. Leningrad: Nauka. 232–234 (In Russian)
- Beckerman J, Nisonson H, Albright N, Creswell T (2017) First report of *Pythium aphanidermatum* crown and root rot of industrial hemp in the United States. *Plant Dis* 106 (3):1076. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-16-1249-PDN>
- Bermudez JMM, Singh N, Ramirez R, Porchas MA et al (2024) First report of *Rhizopus arrhizus* (syn. *R. oryzae*) causing sunflower head rot in Arizona, USA. *Plant Dis* 108 (11):3417. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-24-0099-PDN>
- Bhutta AR, Bhatti MR, Ahmad I (1997) Study on pathogenicity of seed-borne fungi of sunflower in Pakistan. *Helia* 20 (27):57–66
- Boland GJ, Hall R (1994) Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Can J Plant Pathol* 16:93–108
- Bragard C, Dehnen-Schmutz K, Di Serio F, Gonthier P et al (2019) Pest categorisation of *Phymatotrichopsis omnivore*. *EFSAJ* 17(3):1–33. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2019.5619>
- Brand SI, Heldwein AB, Radons SZ, da Silva JR et al (2018) Severity of *Septoria* leaf spot and sunflower yield due to leaf wetness duration. *J Agric Sci* 10(10):178–186. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n10p178>
- Braun U, Kiehr M, Delhey R (2000) Some new records of powdery mildew fungi from Argentina. *Sydowia* 53(1):34–43
- Byrne J (2006) White smut – *Entyloma polysporum*. Michigan State diagnostic services – online publication. [www.pestid.msu.edu/white-smut-entyloma-polysporum](http://www.pestid.msu.edu/white-smut-entyloma-polysporum)
- Callaway MB, Phatak SC, Wells HD (1985) Studies on alternate hosts of the rust *Puccinia canaliculata*, a potential biological control agent for nutsedges. *Plant Dis* 69:924–926
- Carson ML (1985) Epidemiology and yield losses associated with *Alternaria* leaf blight of sunflower. *Phytopathol* 75:1151–1156
- Cho HS, Yu SH (2000) Three *Alternaria* species pathogenic to sunflower. *Plant Pathol J* 16 (6): 331–334
- Cotuna O, Paraschivu M, Sărățeanu V (2022) Charcoal rot of the sunflower roots and stems (*Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid.) An Overview. *Sci Papers Ser Manag, Econom Eng in Agric and Rural Dev* 22 (1):107–116
- Crepel C, Inghelbrecht S, Bobev SG (2006) First report of white rust caused by *Albugo tragopogonis* on sunflower in Belgium. *Plant Dis* 90(3):379. <https://doi.org/10.1094/PD-90-0379A>
- Dirac MF, Nolan P, Menge JA, Paulus AO (1999) First report of *Entyloma polysporum* (*Helianthus annuus*) on sunflower in southern California. *Plant Dis* 83:396 <https://doi.org/10.1094/PDIS.1999.83.4.396A>
- Ekins MG, Hayden HL, Aitken EAB, Goulter KC (2011) Population structure of *Sclerotinia sclerotiorum* on sunflower in Australia. *Australas Plant Pathol* 40:99–108. <https://doi.org/10.1007/s13313-010-0018-6>
- EPPO Global Database (2025) <https://gd.eppo.int>
- Farr DF, Bills GF, Chamuris GP, Rossman AY (1989) Fungi on plants and plant products in the United States. St. Paul, Minnesota: APS Press. 1252 p.
- Farr DF, Rossman AY (2025) USDA Fungal Database, US National Fungus Collections. [https://nt.ars-grin.gov/fungal-databases/\(19.09.2025\)](https://nt.ars-grin.gov/fungal-databases/(19.09.2025))
- Gagkaeva TYu, 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>
- Gannibal PB, Orina AS, Mironenko NV, Levitin MM (2014) Differentiation of the closely related species, *Alternaria solani* and *A. tomatophila*, by molecular and morphological features and aggressiveness. *Eur J Plant Pathol* 139:609–623. <https://doi.org/10.1007/s10658-014-0417-6>
- Gannibal PB, Orina AS, Gasich EL (2022) A new section for *Alternaria helianthiinficiens* found on sunflower and new

- asteraceous hosts in Russia. *Mycol Prog* 21(2):34. <https://doi.org/10.1007/s11557-022-01780-6>
- Garcia-Carneros AB, Garcia-Ruiz R, Molinero-Ruiz L (2014) Genetic and molecular approach to *Verticillium dahliae* infecting sunflower. *Helia* 37 (61): 205–214. <https://doi.org/10.1515/helia-2014-0014>
- Gascuel Q, Martinez Y, Boniface Marie-Claude, Vear F et al (2014) The sunflower downy mildew pathogen *Plasmopara halstedii*. *Mol Plant Pathol* 16(2):109–122. <https://doi.org/10.1111/mpp.12164>
- Ghoneem KM, Ezzat SM, El-Dadamony NM (2014) Seed-borne fungi of sunflower in Egypt with reference to pathogenic effects and their transmission. *Plant Pathol J* 13: 278–284. <https://doi.org/10.3923/ppj.2014.278.284>
- Gomzhina MM, Gannibal PB (2022) *Diaporthe* species infecting sunflower (*Helianthus annuus*) in Russia, with the description of two new species. *Mycologia* 114(3):556–574. <https://doi.org/10.1080/00275514.2022.2040285>
- Gulya TJ, Charlet LD (2007) First report of *Puccinia xanthii* on sunflower in North America. *Plant Dis* 86(5):564. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.5.564A>
- Gulya T, Rashid K, Masirevic S (1997) Sunflower diseases. In: Sunflower Technology and Production. Ed. by Schneiter AA. American Society Agronomy. Madison: WI. 35 p. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr35.c6>
- Gulya TJ, Stegmeier WD (2007) First report of *Puccinia canaliculata* on sunflower. *Plant Dis* 86(5):559. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.5.559B>
- Gulya TJ, Viranyi F, Appel J, Jardine D et al (2002) First report of *Albugo tragopogonis* on cultivated sunflower in North America. *Plant Dis* 86(5):559. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.5.559A>
- Harveson RM, Markell SG, Block CC, Gulya TJ (2016) Compendium of sunflower diseases and pests. 140 p. <https://doi.org/10.1094/9780890545096>
- Hedgecock GG (1928) A key to the known aecial forms of *Coleosporium* occurring in the United States and a list of the host species. *Mycologia* 20:97–100
- Ioos R, Fourrier C, Wilson V, Webb K et al (2012) An optimized duplex real-time PCR tool for sensitive detection of the quarantine oomycete *Plasmopara halstedii* in sunflower seeds. *Phytopathol* 102:908–917. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-04-12-0068-R>
- Irum M (2009) Sunflower disease and insect pests in Pakistan: A review. *Afr Crop Sci J* 2: 109–118. <https://doi.org/10.4314/acsj.v17i2.54204>
- Lakshmidhevi N, Sudisha J, Mahadevamurthy S et al (2010) First report of the seed-borne nature of root and collar rot disease caused by *Rhizoctonia solani* in sunflower from India. *Australas Plant Dis* 5:11–13. <https://doi.org/10.1071/DN10005>
- Lava SS, Zipper R, Spring O (2015) Sunflower white blister rust – Host specificity and fungicide effects on infectivity and early infection stages. *Crop Prot* 67:214–222. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.10.019>
- Li T, Xie AR, Yang ZY, Yi RH (2024) *Pythium aphanidermatum* causing seedling damping-off of *Hylocereus megalanthus* in China. *Plant Dis* 108(7):2241 <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-24-0204-PDN>
- Lodhi AM, Khanzada M A, Shahzad S, Ghaffar A (2013) Prevalence of *Pythium aphanidermatum* in agro-ecosystem of Sindh province of Pakistan. *Pak J Bot* 45(2):635 – 642
- Maldaner IC, Heldwein AB, Bortoluzzi MP, Loose LH et al (2015) Irrigation and fungicide application on disease occurrence and yield of early and late sown sunflower. *Braz J Agric Environ Eng* 19 (7): 630–635. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n7p630-635>
- Markell S, Gulya T, McKay K, Hutter M et al (2009) Widespread occurrence of the aecial stage of sunflower rust caused by *Puccinia helianthi* in North Dakota and Minnesota in 2008. *Plant Dis* 93:668. <https://doi.org/10.1094/PDIS-93-6-0668C>
- Martin-Sanz A, Rueda S, Garcia-Carneros AB, Molinero-Ruiz L (2018b) *Cadophora malorum*: a new pathogen of sunflower causing wilting, yellowing, and leaf necrosis in Russia. *Plant Dis* 102:823. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-17-1182-PDN>
- Martin-Sanz A, Rueda S, Garcia-Carneros AB, Gonzalez-Fernandez S et al (2018a) Genetics, host range, and molecular and pathogenic characterization of *Verticillium dahliae* from sunflower reveal two differentiated groups in Europe. *Frontiers in Plant Sci* 9:288. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00288>
- Mathew FM, Gulya TJ, Jordahl JG, Markell SG (2018) First report of stem disease of soybean (*Glycine max*) caused by *Diaporthe gulyae* in North Dakota. *Dis Notes*. 102:240. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-17-0506-PDN>
- Markell S, Gulya T, McKay K, Hutter M et al (2009) Widespread occurrence of the aecial stage of sunflower rust caused by *Puccinia helianthi* in North Dakota and Minnesota in 2008. *Plant Dis* 93(6):668. <https://doi.org/10.1094/PDIS-93-6-0668C>
- Narasimhan RG, Rajagopalan K (1979) Effect of different liquid media on growth and sporulation of *Alternaria helianthicola* Rao and Raj causing a new leaf spot of sunflower. *Sci Cult* 45: 243–244
- Nwe ZM, Htut KN, Aung SLL, Gou YN et al (2024) Two novel species and a new host record of *Alternaria* (*Pleosporales*, *Pleosporaceae*) from sunflower (*Compositae*) in Myanmar. *MycKeys* 7(105):337–354. <https://doi.org/10.3897/mycokeys.105.123790>
- Penaud A, Perny A (1995) La rouille blanche du tournesol. *Phytoma Def Végét* 471:43–45
- Peres A, Poisson B, Drolon G (2000) Le syndrome ‘pieds secs’ du tournesol: étude des causes et approche de la nuisibilité. In Proceedings of the 15th international sunflower conference. Toulouse: ISA. 2: 17–21
- Petrov M, Arsenijevic M (1996) Septoria leaf speck, a new disease caused by *Septoria helianthina* sp. nov. *J Phytopathol* 144:337–346
- Pranami DA, Ruvishika SJ, Wei Z, Kevin H et al (2020) *Rhizopus arrhizus* (syn. *R. oryzae*) causing sunflower head rot in Hebei Province, China. *Plant Dis* 104(10):2732–2732. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-19-2228-PDN>
- Prathuangwong S, Kao SW, Sommartya T, Sinchaisri P (1991) Role of four *Alternaria* spp. causing leaf and stem blight of sunflower in Thailand and their chemical controls. *The Kasetsart J* 25: 112–124
- Punja ZK (1985) The biology, ecology, and control of *Sclerotium rolfsii*. *Ann Rev Phytopathol* 23:97–127

- Rajput NA, Atiq M, Lodhi AM, Syed RN et al (2024) First report of *Pythium aphanidermatum* causing stem and root rot disease on sesame (*Sesamum indicum* L.) in Punjab, Pakistan. *J Plant Pathol*:1–2. <https://doi.org/10.1007/s42161-024-01760-7>
- Rashid KY (2016) Phialophora yellows. In: Harveson RM, Markell SG, Block CC, and Gulya TJ (eds) Compendium of sunflower diseases and pests. St. Paul: The American Phytopathological Society. 56–57
- Rogers CE, Thompson TE, Zimmer DE (1978) Rhizopus head rot of sunflower: etiology and severity in the Southern Plains. *Plant Dis Rep* 62: 769–771
- Rost C, Thines M (2012) A new species of *Pustula* (*Oomycetes*, *Albuginales*) is the causal agent of sunflower white rust). *Mycol Prog* 11: 351–359. <https://doi.org/10.1007/s11557-011-0748-z>
- Sendall BC, Kong GA, Goulter KC, Aitken EAB et al (2006) Diversity in the sunflower: *Puccinia helianthi* pathosystem in Australia. *Australas Plant Pathol* 35 (6):657–670. <https://doi.org/10.1071/AP06071>
- Siddique MM, Khokhar LK (1985) Occurrence of sunflower collar rot diseases caused by *Sclerotium rolfsii* in Pakistan. *Helia* 1:10–14
- Spring O (2019) Spreading and global pathogenic diversity of sunflower downy mildew – Review. *Plant Prot Sci* 55(3): 149–158. <https://doi.org/10.17221/32/2019-PPS>
- Talemarada S, Mahesh M, Aswathanarayana DS (2017) Survey for the Severity of Powdery Mildew in Sunflower in Major Districts of North Eastern Karnataka, India. *Int J Curr Microbiol App Sci* 6(12):1710–1713. <https://doi.org/10.20546/ijcmass.2017.612.193>
- Thines M, Zipper R, Spring O (2006) First report of *Pustula tragopogonis*, the cause of white blister rust on cultivated sunflower in southern Germany. *Plant Dis* 90 (1):110. <https://doi.org/10.1094/PD-90-0110C>
- Thompson SM, Young AJ, Neate SM, Aitken EAB (2011) Stem cankers on sunflower (*Helianthus annuus*) in Australia reveal a complex of pathogenic *Diaporthe* (*Phomopsis*) species. *Persoonia* 27:80–89. <https://doi.org/10.3767/003158511X617110>
- Trigiano RN, Boggess SL, Odoi M, Hadziabdic D et al (2022) First Report of *Coleosporium helianthi* infecting *Helianthus verticillatus* (whorled sunflower) in the United States. *Plant Dis* 106 (7):1773–2006 <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-21-2496-PDN>
- Van Wyk PS, Jones BL, Viljoen A, Rong IH (1995) Early lodging, a novel manifestation of *Albugo tragopogonis* infection on sunflower in South Africa. *Helia* 18: 83–90
- Viljoen A, van Wyk PS, Jooste WJ (1999) Occurrence of the white rust pathogen, *Albugo tragopogonis*, on sunflower heads. *Plant Dis* 83(12): 1174
- Virányi F (2018) CABI invasive species compendium. Datasheet *Plasmopara halstedii* (downy mildew of sunflower). Available at <https://www.cabi.org/isc/datasheet/41911> (accessed Jan 20, 2019)
- Wang T, Zhao J, Sun P, Wu XH (2014) Characterization of *Alternaria* species associated with leaf blight of sunflower in China. *Eur J Plant Pathol* 140 (2):301–315. <https://doi.org/10.1007/s10658-014-0464-z>
- Weiland J, Santamaria L (2025) Greenhouse plants, Ornamental-Pythium seed rot, damping-off, and root rot. In: Pscheidt JW, Ocamb CM (eds). Pacific Northwest Plant Disease Management Handbook. Oregon State University. <https://pnwhandbooks.org/node/2829>
- Woudenberg JHC, Truter M, Groenewald JZ, Crous PW (2014) Large-spored *Alternaria* pathogens in section *Porri* disentangled. *Stud Mycol* 79:1–47. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2014.07.003>
- Wu YG, Fu G, Kang DX, Li WJ et al (2016) First Report of *Phytophthora drechsleri* causing black stem rot and crown decay of sunflower in China. *Plant Dis* 100(3):654. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-15-1089-PDN>
- Yang J, Wang Y, Shi S, Li H et al (2024) The isolation and identification of a new pathogen causing sunflower disk rot in China. *Agronomy* 14: 1486. <https://doi.org/10.3390/agronomy14071486>
- Yang SM (1979) Rhizopus head rot of cultivated sunflower in Texas. *Plant Dis Rep.* 63 (10):833–835
- Zimmer DE, Hoes JA (1978) Diseases. In: Carter JF (ed) Sunflower Science and Technology (Agronomy Monograph 19). Madison: WI. 225–262. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr19.c7>
- Zhang Y, Yu Y, Jia R, Liu L et al (2021) Occurrence of *Alternaria* leaf blight of sunflower caused by two closely related species *Alternaria solani* and *A. tomatophila* in Inner Mongolia. *Oil Crop Sci* 6(2):74–80. <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2021.04.006>

### Translation of Russian References

- Antonova TS, Araslanova NM, Saukova SL (2002b) [Prevalence of *Fusarium* spp. on sunflower in Krasnodar region]. *Reports of Russian Academy of Agricultural Sciences* 3:6–8 (In Russian)
- Antonova, TS, Maslienko LV, Muradosilova NV, Saukova SL (2002a) [Fungi from genus *Fusarium* on sunflower in Krasnodar region and their pathogenicity]. *Sovremennaya mikologiya v Rossii. Pervyy syezd mikologov Rossii*. 171 (In Russian)
- Araslanova NM, Antonova TS, Iwebor MV, Khatnyanskiy VI (2019) [Race identification of isolates of *Puccinia helianthi* Schwein. that affects sunflower in some regions of Russia]. *Maslichnye kultury* 4(180):107–112 (In Russian) <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2019-4-180-107-112>
- Araslanova NM, Antonova TS, Saukova SL, Iwebor MV (2023) [Diversity of sunflower rust pathogen biotypes in the regions of the Russian Federation]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* 24(5): 792–798 (In Russian) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.792-798>
- Araslanova NM, Antonova TS, Saukova SL, Iwebor MV (2024) [About rust pathogen on sunflower (review)]. *Maslichnye kultury* 3(199):63–72 (In Russian) <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2024-3-199-63-72>
- Borodin SG, Kotlyarova IA, Sosnina YuM (2007) [Fungi of the genus *Rhizopus* Ehrenb.] *Maslichnye kultury. Nauchno-tehnicheskii byulleten Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kultur* 2(137):55–57 (In Russian)



- Borodin SG, Kotlyarova IA, Tereshchenko GA, Sosnina YuM (2013) [Dry rot of sunflower and additional differentiating characters of *Rhizopus* Ehrenb. species]. *Maslichnye kultury. Nauchno-tekhnicheskiiy byulleten Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kultur* 1(153–154):124–131 (In Russian)
- Borodin SG, Kotlyarova IA (2006) [Fungal diseases of sunflower in Krasnodar region]. In: Piven VT (ed) [Bolezni i vrediteli maslichnykh kultur]. Krasnodar: VNIIMK: 3–10 (In Russian)
- Borodin SG, Kotlyarova IA, Tereshchenko GA (2012) [Species composition of *Rhizopus* Ehrenb. fungi on sunflower]. *Maslichnye kultury. Nauchno-tekhnicheskiiy byulleten Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kultur* 2: 152–157 (In Russian)
- Detsyna AA, Tereshchenko GA, Illarionova IV (2018) [The occurrence of rust on sunflower varieties in the conditions of the Krasnodar region]. *Maslichnye kultury. Nauchno-tekhnicheskiiy byulleten VNIIMK* 2(174):101–106 (In Russian) <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2018-2-174-101-106>
- Detsyna AA, Khatnyanskiy VI, Illarionova IV, Araslanova NM et al (2021) [Monitoring of diseases in crops of sunflower varieties bred at VNIIMK]. *Maslichnye kultury* 1(185): 67–72 (In Russian) <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2021-1-185-67-72>
- Gannibal FB (2011) [Species composition, systematics and geography of agents of sunflower alternarioses in Russia]. *Vestnik zashchity rasteniy* 1:13–19 (In Russian)
- Gannibal PhB, Gagkaeva TYu, Gomzhina MM, Poluektova EV, Gulyaeva EI (2022) [Micromycetes associated with wheat and their significance as pathogens in Russia]. *Plant Protection News* 105(4):164–180 (In Russian) <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2022-105-4-15508> (In Russian)
- Gannibal PhB, Poluektova EV, Lukyanets YaV, Gagkaeva TYu et al (2023) [Micromycetes associated with barley and their significance as pathogens in Russia]. *Plant Protection News* 106(4):172–186 (In Russian) <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2023-106-4-16116>
- Gannibal PhB, Poluektova EV, Gagkaeva TY, Gomzhina MM [Micromycetes associated with potato and their significance as pathogens in Russia]. *Plant Protection News* 107(4):148–164 (In Russian) <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2024-107-4-16711>
- Ilyukhina MK (1988) [Sunflower diseases in the Central Black Earth Region]. *Zashchita rasteniy* 8: 16–17 (In Russian)
- Iwebor MV, Antonova TS, Araslanova NM, Saukova SL et al (2022) [The situation in the population of the sunflower downy mildew pathogen in some regions of the Russian Federation]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* 23(1):90–97 (In Russian) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.90-97>
- Iwebor MV, Antonova TS, Saukova SL (2013) [On agents of sunflower *Alternaria*]. *Maslichnye kultury. Nauchno-tekhnicheskiiy byulleten VNIIMK* 1:153–154 (In Russian)
- Khodenkova AM, Belova ES (2018) [Phytosanitary status of oil sunflower crops in the Republic of Belarus]. *Zashchita rasteniy* (42): 363–369 (In Russian)
- Kochetkov VV (1991) [Some biological characteristics and harmfulness of sunflower gray mold]. *Abstr. Cand. Biol. Thesis*. Leningrad. 17 p. (In Russian)
- Kukin VF (1982) [Sunflower diseases and their control]. Moscow: Kolos. 79 p. (In Russian)
- Lepeshko ES (2021) [Sunflower rust (*Puccinia helianthi* Schwein) (literature review)]. *Grain Economy of Russia* (3):88–92 (In Russian) <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-75-3-88-92>
- Lukomets VM, Piven VT, Tishkov NM (2011) [Sunflower diseases]. VNIIMK. 210 p. (In Russian)
- Lukomets VM, Piven VT, Tishkov NM, Shulyak II (2008) [Sunflower protection]. *Zashchita i karantin rasteniy* 2:78–108 (In Russian)
- Muradasilova NV (2006) [Effect of sunflower sclerotiniosis on seed sowing qualities]. *Maslichnye kultury. Nauchno-tekhnicheskiiy byulleten Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kultur* 2(135):61–66 (In Russian)
- Nelen ES (1977) [New species of pycnidial fungi from the south of the Far East]. *Novosti sistematiki nizshikh rasteniy* 14:103–106 (In Russian)
- Pavlyuk NT, Pavlyuk PN, Fomin EV (2006) [Sunflower in the Central Black Earth Region of Russia. Monograph]. Voronezh: FGOU VPO VGUU. 226 p. (In Russian)
- Piven VT, Borodin SG, Shulyak II, Muradasilova NV (2013) [Phomopsis – a dangerous sunflower disease]. *Zashchita i karantin rasteniy* 7:30–34 (In Russian)
- Pystina KA (1998) [Key to fungi of Russia. Issue 2. Class Oomycetes. Genus *Pythium* Pringsh]. Saint Petersburg: Nauka. 126 p. (In Russian)
- Rogozheva MF, Kochenkova KG (1981) [White and gray rots of sunflower]. *Zashchita rasteniy* 5:20–21 (In Russian)
- Saenko GM, Zelentsov SV, Piven VT (2009) [The modern taxonomic position of fungus *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. in kingdom Fungi]. *Maslichnye kultury. Nauchno-tekhnicheskiiy byulleten Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kultur* 1(140):105–113 (In Russian)
- Saukova SL, Antonova TS, Araslanova NM, Iwebor MV (2023) [Preserving of the aggressiveness of strains of fungi from a genus *Fusarium* infecting sunflower in a culture on the different substrates and temperature regimen]. *Maslichnye kultury* 1(193):67–72 (In Russian) <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2023-1-193-67-72>
- Shinkarev VP, Maslennikova TI, Daineko TS, Kobileva EA (1990) [Distribution of sunflower diseases and their control abroad]. Moscow. 72 p. (In Russian)
- Tikhonov OI (1975) [Sunflower diseases]. In: Pustovoi VS (ed.) [Sunflower]. Moscow: Kolos:391–425 (In Russian)
- Vronskikh MD (1981) [Protection of sunflower against diseases under industrial technology]. *Maslichnye kultury* 3:34–37 (In Russian)
- Vypritskaya AA, Kuznetsov AA (2020) [Rust on sunflower crops in the Tambov Region]. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* 3(62):26–29 (In Russian)
- Vypritskaya AA, Kuznetsov AA, Mustafin II, Mazurina ZI et al (2015) [*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary in the Tambov Region]. *Vestnik Tambovskogo universiteta* 20(1):194–198 (In Russian)
- Vypritskaya AA, Kuznetsov AA, Puchnin AM (2014a) [Basidiomycete fungi as sunflower pathogens in the Tambov

- region]. *Vestnik Tambovskogo universiteta* 19(6):2013–2017 (In Russian)
- Vypriiskaya AA, Kuznetsov AA, Puchnin AM, Mustafin II et al (2014) [Fungi of the genus *Rhizopus* Ehrenb. on sunflower in the Tambov region]. *Vestnik Tambovskogo universiteta* 19(3):1029–1034 (In Russian)
- Vypriiskaya AA, Puchnin AM, Kuznetsov AA (2011) [Rarely pathogeneses of sunflower in Tambov region]. *Vestnik Tambovskogo universiteta* 16(6): 1586–1588 (In Russian)
- Vypriiskaya AA, Puchnin AM, Kuznetsov AA (2012) [Causal agents of potentially dangerous sunflower diseases]. *Vestnik Tambovskogo universiteta* 17(2):764–767 (In Russian)
- Vypriiskaya AA, Puchnin AM, Kuznetsov AA (2013) [Factors limiting the spread and development of Phomopsis in the Tambov Region.] *Vestnik Tambovskogo universiteta* 18(4): 1261–1265 (In Russian)
- Vypriiskaya AA, Kuznetsov AA, Zeleneva YuV, Kozachek AV (2018) [Methods of artificial contamination of sunflower with the *Rhizopus* Ehrenb. fungus.] *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet imeni VI Vernadskogo* (2): 28–33 (In Russian) <https://doi.org/10.17277/voprosy.2018.02.pp.028-033>.
- Yakutkin VI, Saulich MI (2016) [Phytosanitary risks of diseases and broomrape in in sunflower crops of Russia, Ukraine, Moldova and Kazakhstan]. *Vestnik zashchity rasteniy* 2(88):15–21(In Russian)

Plant Protection News, 2025, 108(4), p. 218–235

OECD+WoS: 4.01+AM (Agronomy), 1.06+QU (Microbiology)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-4-17416>

**Full-text review**

## FUNGI ASSOCIATED WITH SUNFLOWER AND THEIR SIGNIFICANCE AS PATHOGENS IN RUSSIA

E.V. Poluektova\*, Ph.B. Gannibal, T.Yu. Gagkaeva, M.M. Gomzhina

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

\*corresponding author, e-mail: [ek.poluektova@list.ru](mailto:ek.poluektova@list.ru)

Despite the considerable attention devoted to the study of sunflower diseases, inaccuracies in the names of diseases, assessments of their practical importance, and the use of scientific names of pathogens are still frequently encountered in the literature. This leads to confusion and reduces the informativeness of published data on the phytosanitary situation. The present review continues a series of publications dedicated to the diseases of wheat, barley, and potato. It provides structured information on the major diseases of sunflower and their pathogenic fungi, as well as on fungi that may pose a potential threat. The current taxonomic status of fungal and fungus-like organisms associated with sunflower is given, along with a brief description of their distribution and their impact on yield. The fungi are divided into two groups according to their phytosanitary significance: the first includes the pathogens of 15 major sunflower diseases, while the second comprises species associated with 13 minor or insufficiently studied diseases with unconfirmed harmfulness. Information on the potential danger of these fungi is often contradictory, and the available data appear to require further verification. The present review may serve as a reference for more accurate and consistent descriptions of the phytosanitary situation. It will also support future targeted studies employing molecular methods to clarify the taxonomy and distribution of fungi associated with sunflower and to obtain more detailed information on the harmfulness of diseases affecting this crop.

**Keywords:** *Helianthus annuus*, sunflower diseases, harmfulness, distribution, taxonomy

Submitted: 30.09.2025

Accepted: 25.11.2025

## ЧЕРНЫЙ ЗАРОДЫШ ПШЕНИЦЫ: РЕАЛЬНОСТЬ ПРОТИВ СТЕРЕОТИПОВ

Т.Ю. Гагкаева\*, О.П. Гаврилова, А.С. Орина, Ф.Б. Ганнибал

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

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

Симптом «черный зародыш», распространенное изменение цвета зерна пшеницы и ячменя, отмечается по всему миру в большинстве регионов выращивания данных культур. Существуют жесткие стандарты по содержанию зерна с черным зародышем в партиях продовольственной пшеницы как в России, так и за рубежом. Механизмы, участвующие в появлении темного пигмента, до сих пор окончательно не выяснены. В настоящем исследовании был проведен анализ средних образцов товарных партий озимой пшеницы из Центрального федерального округа урожая 2024 г., где доля визуально выявленных зерен с черным зародышем составила от 4.3 до 27.0%. Согласно полученным результатам, процент инфицирования грибами, таксономический состав микобиоты и содержание ДНК двух доминирующих групп грибов *Alternaria* и *Fusarium* были высоко сходными во фракциях внешне здорового зерна и зерна с черным зародышем. По нашему мнению, данный симптом обусловлен абиотическими факторами среды, вызывающими физиологическое потемнение тканей зерен, и с большой долей уверенности может быть отнесен к заболеваниям пшеницы, вредоносность которых не доказана.

**Ключевые слова:** вредоносность, ДНК грибов, зерно, количественная ПЦР, микология, симптомы заболевания, физиология

Поступила в редакцию: 04.09.2025

Принята к печати: 28.11.2025

## Введение

Зерно пшеницы часто инфицировано различными микроорганизмами, включая грибы (микромикеты) и бактерии. Высокая зараженность может привести к экономическим потерям, обусловленным низкой урожайностью, ухудшением семенных свойств и снижением качества получаемых на основе зерна продуктов. В зависимости от таксономического положения микроорганизма, сорта пшеницы, продолжительности развития микроорганизма в растении и условий окружающей среды происходит или не происходит проявление визуально заметного инфицирования.

Симптом, известный как «черный зародыш» (ЧЗ), представляет собой потемнение перикарпия и внутренней ткани семенной оболочки, которое может распространяться вдоль бороздки на вентральной стороне зерна мягкой и твердой пшеницы и ячменя (Williamson, 1997; Mónaco et al., 2004). Согласно общему мнению, ЧЗ зерна пшеницы влияет на пищевое качество получаемой из него муки, поскольку части перикарпия, содержащие пигменты, во время помола зерна попадают в муку, вызывают снижение её белизны – показателя, который является одним из основных требований перерабатывающей отрасли (ГОСТ 26574-2017). В то же время, об изменениях других органолептических свойств продукции, получаемой из зерна с ЧЗ, достоверно неизвестно: исследование 12 образцов пшеницы с долей зерна с ЧЗ от 10% до более 50% не выявило влияния этого симптома на ценность зерна для хлебопечения и на хлебопекарные качества муки (Rees et al., 1984).

Поскольку проблема наличия в урожае зерна с ЧЗ отмечается в большинстве стран, где выращивают пшеницу и ячмень, то во многих странах установлены нормативы в отношении встречаемости ЧЗ в партиях товарного

зерна, например, в США ( $\leq 4\%$ ), Австралии ( $\leq 5\%$ ) и Канаде ( $\leq 10\%$ ) (Liu et al., 2017). Согласно существующему в РФ ГОСТу, зерно пшеницы с ЧЗ относится к зерновой примеси «поврежденные – зерна с измененным цветом оболочек и с эндоспермом от кремового до светло-коричневого цвета», и его содержание в пшенице 1–4 класса ограничено 5.0% по массе (ГОСТ 9353–2016). Превышение установленного показателя приводит к снижению стоимости зерна, однако научная основа этого нормирования сомнительна.

Дискуссии о причинах, приводящих к появлению симптома ЧЗ, ведутся давно, но единая точка зрения по данному вопросу не выработана до сих пор. Впервые мысль о связи ЧЗ и инфицирования грибами 135 лет назад высказал Сорокин Н.В., который обнаружил и описал гриб *Helminthosporium* sp. во время экспедиции по Южно-Уссурийскому краю (Сорокин, 1890). Он отослал образец зерна с ЧЗ на проверку известному итальянскому микологу Саккардо П.А., который подтвердил новизну находки и в честь Сорокина Н.В. назвал данный вид гриба *H. sorokinianum* Sacc. (совр. *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker). И до сих пор многие исследователи традиционно связывают симптом ЧЗ с присутствием грибов в тканях зерна различных культур. Действительно, грибы часто обнаруживают в зерне с ЧЗ, и как причину этого симптома чаще всего упоминают *B. sorokiniana*, *Alternaria alternata*, *Pyrenophora tritici-repentis* (Kumar et al., 2002; Кириченко, 2005; Fernandez et al., 2011; Лапина и др., 2012; Шабатуков и др., 2022; Кириченко, Торопова, 2024) – те грибы, которые имеют темноокрашенный мицелий и образуют колонии от светло-серого до темно-оливкового и черного цвета. Также иногда с возникновением ЧЗ связывают виды грибов *Fusarium* (Conner et al., 1996; Desjardins et al.,

2007). Кроме того, в зерне с ЧЗ могут присутствовать сапротрофные грибы, например, *Cladosporium*, *Nigrospora*, *Epicoccum*, *Stemphylium*, *Sordaria* (Chavez, Kohli, 2013; Golosna, 2022). К сожалению, утверждения, что эти грибы могут быть причиной ЧЗ, как правило, основаны лишь на

том факте, что перечисленные организмы были выделены из зерна с симптомом ЧЗ.

Цель исследования – сравнение зараженности грибами внешнего здорового и зерна с ЧЗ образцов пшеницы с использованием микологических и молекулярно-генетических методов.

### Материалы и методы

Три средних образца озимой пшеницы, содержащие зерно с симптомом ЧЗ, были отобраны из товарных партий, выращенных в Центральном федеральном округе в 2024 г. При приемке на элеваторе партии формировались исходя из классообразующих показателей качества, без соблюдения сортовой изоляции. Образец №1 из Липецкой обл. (3 класс пшеницы), представлял смесь сортов Туранус, Львовская 4 и Фелиция; образец №2 из Тамбовской обл. (4 класс пшеницы), сорта Собербаш, Туранус, Московская 56 и Губернатор Дона; образец №3 из Тульской обл. (без класса), сорта Губернатор Дона, Львовская 4, Собербаш и Туранус.

В лабораторных условиях из каждого среднего образца случайным образом были отобраны пробы, содержащие не менее 500 зерен в двух-трех повторностях, затем пробы визуально разделяли на две фракции: внешне здоровые зерна и зерна с ЧЗ. Подсчитывали число зерен, взвешивали и рассчитывали массу 1000 зерен в пробах и фракциях (ГОСТ ISO 520–2014).

Для оценки всхожести и зараженности зерна, из каждого образца анализировали 100 независимо отобранных зерен и дополнительно – минимум 30 зерен с ЧЗ. Зерна поверхностно стерилизовали 5% гипохлоритом натрия и раскладывали на питательную картофельно-сахарозную агаризованную среду (КА) (Гагкаяева и др., 2011). Через 7 суток инкубирования чашек Петри в термостате при 23 °C в темноте проводили учёт всхожести, а также выросших из зерна микромицетов. Оценка всхожести зерна на питательной агаризованной среде не является методом,

приведенном в ГОСТ, однако его использование позволяет в лабораторных условиях получить достоверные результаты. Таксономическую принадлежность микромицетов определяли по сумме макро- и микроморфологических признаков с использованием определителей (Ellis, 1971; Gerlach, Nirenberg, 1982; Samson et al., 2002). Зараженность зерна грибами рассчитывали, как число зёрен, из которых были выделены грибы определенной таксономической группы, к общему числу анализируемых зёрен, выраженное в процентах.

На мельнице Tube Mill Control (ИКА, Германия) размалывали зерно из каждого исходного среднего образца и дополнительно отобранных фракций внешне здорового зерна и с ЧЗ. Выделение ДНК из муки осуществляли согласно протоколу European Union Reference Laboratory for Genetically Modified Food and Feed (2005). Содержание ДНК видов *Fusarium*, генетически способных продуцировать трихотеценовые микотоксины (Tri-*Fusarium*) и грибов рода *Alternaria* оценивали с помощью количественной ПЦР (кПЦР) с пробамии TaqMan (Pavon et al., 2012; Gagkaeva et al., 2019). Содержание ДНК гриба *B. sorokiniana* определяли методом кПЦР с красителем SYBR Green (Орина и др. 2020). Количество ДНК грибов выражали в виде доли от общей ДНК, выделенной из зерновой муки (пг/нг общей ДНК, сокращенно – пг/нг).

Статистический анализ данных проводили с использованием программ Microsoft Excel 2010 и STATISTICA 10.0, рассчитывая средние значения и доверительные интервалы.

### Результаты

Визуальный осмотр показал наличие в каждом среднем образце пшеницы зерен с симптомом ЧЗ, проявляющимся в виде потемнения оболочки зародыша и щитка. При этом такие зерновки, как правило, были выполненные и по размерам соответствовали внешне здоровым.

Процентное содержание зерна с ЧЗ варьировало от 4.3 до 27.0% (Табл. 1). Масса 1000 зёрен каждого среднего образца и отобранных из него двух фракций была сходной и статистически не различалась.

На питательной среде всхожесть зерна пшеницы из среднего образца и из фракции зерен с ЧЗ была относительно высокой и сходной, составила по образцам 88–94% и 87–95%, соответственно (Табл. 2).

Грибы *Alternaria* были выявлены как во всех анализируемых средних образцах, так и в в отобранных фракциях зерна с ЧЗ: зараженность этими грибами варьировала в диапазонах 49–83% и 9–95%, соответственно. Причем, во фракции зерна с ЧЗ установлена как значительно более низкая в 8 раз (образец №2), так и более высокая на 6–19% (№1 и №3) зараженность грибами *Alternaria* spp. по сравнению с соответствующими средними образцами.

Выявленная зараженность грибами *Fusarium* средних образцов зерна была сходно низкой – 3%. Среди данных грибов идентифицированы виды *F. poae* и *F. sporotrichioides*, продуцирующие трихотеценовые микотоксины, и вид *F. avenaceum*. Во фракции зерна с ЧЗ образца №2 неожиданно установлена значительная зараженность видом *F. poae* – 22%. Именно в этом образце доля зерна с ЧЗ была самой низкой, а масса 1000 зёрен во фракции с ЧЗ – идентичной показателю среднего образца. Также в среднем образце №2 и отобранной из него фракции зерна с ЧЗ отмечена высокая зараженность грибом *Nigrospora gorlenkoana* – 15 и 33%, соответственно.

В анализируемых образцах единично встречался гриб *Epicoccum* sp. (зараженность не превышала 2–6%), отмечались грибы родов *Aspergillus*, *Acremonia*, *Penicillium*, *Sordaria* и др., однако они, в связи с их низкой встречаемостью, не могли быть причиной столь значительного проявления ЧЗ. Гриб *Bipolaris sorokiniana* при анализе средних образцов и фракций зерна с ЧЗ не обнаружен. Также в образцах зерна выявлено бактериальное загрязнение: зараженность составила 2–3% в средних образцах и 0–17% – в зерне с ЧЗ.

**Таблица 1.** Встречаемость зерна с черным зародышем и масса 1000 зерен пшеницы

Образец	Доля зерна с ЧЗ в среднем образце, %	Масса 1000 зерен $\pm$ ДИ*, г		
		Средний образец	Фракция внешне здорового зерна	Фракция зерна с ЧЗ
№ 1	$7.1 \pm 1.5$	$54.6 \pm 14.5$	$55.0 \pm 15.8$	$50.2 \pm 1.6$
№ 2	$4.3 \pm 3.6$	$38.8 \pm 0.2$	$38.9 \pm 0.2$	$38.2 \pm 1.0$
№ 3	$27.0 \pm 3.8$	$48.8 \pm 2.1$	$47.4 \pm 2.8$	$52.2 \pm 0.7$

Примечание: \* ДИ – доверительный интервал при уровне значимости 95%.

**Table 1.** Occurrence of grain with black point and 1000-grain weight of wheat

Grain sam- ple	Proportion of grain with black point in the representative sample, %	1000-grain weight of wheat $\pm$ CI*, g		
		Representative sample	Visually healthy grain fraction	Grain fraction with black point
№ 1	$7.1 \pm 1.5$	$54.6 \pm 14.5$	$55.0 \pm 15.8$	$50.2 \pm 1.6$
№ 2	$4.3 \pm 3.6$	$38.8 \pm 0.2$	$38.9 \pm 0.2$	$38.2 \pm 1.0$
№ 3	$27.0 \pm 3.8$	$48.8 \pm 2.1$	$47.4 \pm 2.8$	$52.2 \pm 0.7$

Note: \* CI – confidence interval at a significance level of 95%.

**Таблица. 2.** Всхожесть и зараженность зерна пшеницы в средних образцах и во фракции  
с симптомом черного зародыша (КСА, 7–14 суток, 23 °С)

Образец Значения показателей, %	№1	№2	№3	№1	№2	№3
	Средний образец			Фракция зерна с ЧЗ		
Всхожесть	94	87	93	95	87	93
Зараженность:						
<i>Alternaria</i> spp.	76	49	83	95	6	89
<i>Fusarium</i> spp., в т.ч.:	3	3	3	н.о.*	22	н.о.
<i>F. sporotrichioides</i>	2	н.о.	3	н.о.	н.о.	н.о.
<i>F. poae</i>	1	1	н.о.	н.о.	22	н.о.
<i>F. avenaceum</i>	н.о.	2	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
<i>Epicoccum</i> sp.	4	н.о.	6	н.о.	2	3
<i>Nigrospora gorlenkoana</i>	1	15	1	н.о.	33	н.о.
Другие микромицеты	н.о.	6	10	н.о.	2	н.о.

Примечание: \* н.о. – не обнаружен.

**Table 2.** Germination and infection of wheat grain in representative samples and in the fraction  
with the black point symptom (PSA, 7–14 days, 23 °C)

Grain sample Indicator values, %	№1	№2	№3	№1	№2	№3
	Representative grain sample			Grain fraction with black point		
Germination	94	87	93	95	87	93
Grain infection:						
<i>Alternaria</i> spp.	76	49	83	95	6	89
<i>Fusarium</i> spp. including:	3	3	3	nd*	22	nd
<i>F. sporotrichioides</i>	2	nd	3	nd	nd	nd
<i>F. poae</i>	1	1	nd	nd	22	nd
<i>F. avenaceum</i>	nd	2	nd	nd	nd	nd
<i>Epicoccum</i> sp.	4	nd	6	nd	2	3
<i>Nigrospora gorlenkoana</i>	1	15	1	nd	33	nd
Other fungi	nd	6	10	nd	2	nd

Note: \* nd – not detected.



Результаты выявления ДНК грибов *Alternaria* в зерне образцов №1 и №3 не продемонстрировали значительных различий между средним образцом и фракциями внешне здорового зерна и зерна с ЧЗ (Табл. 3). В образце №2 содержание ДНК данной группы грибов во фракции зерна с ЧЗ было примерно в три раза ниже, чем во фракции внешне здорового зерна и в среднем образце, что согласуется с

результатами микологического анализа. В средних образцах №1 и №3 отмечено более высокое количество ДНК *Tri-Fusarium*, чем в зерне двух отобранных из них фракций. В образце №2, где зараженность этими грибами составила всего 3 %, содержание ДНК грибов было значительно выше во фракции внешне здорового зерна. ДНК гриба *Bipolaris sorokiniana* в анализируемых образцах не выявлена.

Таблица 3. Содержание ДНК грибов *Alternaria* и *Fusarium* в зерне образцов пшеницы

Образец	Количество ДНК грибов $\pm$ ДИ $\times 10^{-4}$ пг/нг общей ДНК*					
	<i>Alternaria</i>			<i>Tri-Fusarium</i> **		
	Средний образец	Фракция внешне здорового зерна	Фракция зерна с ЧЗ	Средний образец	Фракция внешне здорового зерна	Фракция зерна с ЧЗ
№1	1354 $\pm$ 81	1893 $\pm$ 59	1381 $\pm$ 36	595 $\pm$ 17	154 $\pm$ 28	103 $\pm$ 25
№2	408 $\pm$ 47	1220 $\pm$ 133	364 $\pm$ 13	1614 $\pm$ 265	3492 $\pm$ 120	948 $\pm$ 15
№3	1599 $\pm$ 100	2208 $\pm$ 156	2864 $\pm$ 15	815 $\pm$ 23	131 $\pm$ 6	364 $\pm$ 173
В среднем	1120 $\pm$ 629	1774 $\pm$ 505	1536 $\pm$ 1256	1008 $\pm$ 536	1259 $\pm$ 1934	472 $\pm$ 433

Примечание: \* ДИ – доверительный интервал при уровне значимости 95 %;

\*\* *Tri-Fusarium* – виды грибов *Fusarium*, продуцирующие трихотеценовые микотоксины.

Table 3. The content of *Alternaria* and *Fusarium* DNA in the grain samples of wheat

Grain sample	Amount of fungal DNA $\pm$ CI $\times 10^{-4}$ pg/ng of total DNA*					
	<i>Alternaria</i>			<i>Tri-Fusarium</i> **		
	Representative sample	Visually healthy grain fraction	Grain fraction with black point	Representative sample	Visually healthy grain fraction	Grain fraction with black point
№1	1354 $\pm$ 81	1893 $\pm$ 59	1381 $\pm$ 36	595 $\pm$ 17	154 $\pm$ 28	103 $\pm$ 25
№2	408 $\pm$ 47	1220 $\pm$ 133	364 $\pm$ 13	1614 $\pm$ 265	3492 $\pm$ 120	948 $\pm$ 15
№3	1599 $\pm$ 100	2208 $\pm$ 156	2864 $\pm$ 15	815 $\pm$ 23	131 $\pm$ 6	364 $\pm$ 173
On average	1120 $\pm$ 629	1774 $\pm$ 505	1536 $\pm$ 1256	1008 $\pm$ 536	1259 $\pm$ 1934	472 $\pm$ 433

Note: \* CI – confidence interval at a significance level of 95 %;

\*\* *Tri-Fusarium* – the species of *Fusarium* producing trichothecene mycotoxins.

### Обсуждение

Лабораторные исследования трёх образцов пшеницы, в которых отмечена значительная доля зерна с симптомом ЧЗ, не выявили отличий всхожести и массы 1000 зёрен у фракции зерна с ЧЗ и внешне здоровых зерен, демонстрируя отсутствие связи между симптомом ЧЗ и жизнеспособностью семян.

Выявлено разнообразие микромицетов в микобиоте зерна пшеницы с наибольшей представленностью грибов *Alternaria* (95%), которые являются обычными контаминантами зерна, и, как правило, не оказывают значительного влияния на его семенные качества (Ганнибал, 2014, 2018; Орина и др., 2020).

В данном исследовании во фракции зерна с ЧЗ одного образца выявлена значительная зараженность грибами *F. poae* и *N. gorlenkoana* – 22 и 33 %, соответственно. Эти виды широко распространены в зерне, выращиваемом в различных регионах России (Кармач, Иванова, 2024; Орина и др., 2023). Вид *F. poae* – слабопатогенный, обычно присутствующий только в поверхностных слоях зерновки и редко снижающий всхожесть (Brennan et al., 2003). Гриб *N. gorlenkoana* также не оказывал влияния на прорастание зерна пшеницы, но снижал длину проростков примерно на 50 % (Орина и др., 2023).

Примечательно, что вид *B. sorokiniana*, часто связываемый с потемнением оболочки зерна, не выявлен при

анализе средних образцов и фракций зерна с ЧЗ с помощью микологического и молекулярно-генетического методов. Ранее было показано отсутствие различий по зараженности зерна грибами рода *Bipolaris* между фракциями бессимптомных и чернозародышевых зерен яровой пшеницы (Neshumaeva, 2023).

Различие между содержанием ДНК грибов *Alternaria* и *Tri-Fusarium* в средних образцах зерна и отобранных из них фракций оказалось не связано с наличием симптома ЧЗ. Таким образом, не получено доказательств связи проявления симптома ЧЗ с присутствием в зерне какой-то группы грибов.

На наш взгляд, критической ошибкой, допускаемой при анализе образцов зерна, является микологический анализ или только среднего образца (обычный подход), или только фракции зерна с ЧЗ. После этого, отмечая значительную инфицированность образцов, исследователи необоснованно утверждают, что грибы (особенно темноокрашенные) являются причиной изменения окраски поверхностных тканей зерна.

Действительно, если бы мы привели результаты анализа только средних образцов зерна или только фракций с симптомом ЧЗ, это дало бы основание предполагать, что причиной ЧЗ зерна являются грибы *Alternaria*, поскольку они преобладали среди выделенных микроорганизмов

по частоте выделения и по содержанию ДНК. В действительности, сравнение показателей внешне здорового и зерна с ЧЗ опровергает это предположение и показывает как сходство их микобиоты, так и полное отсутствие фитопатогенных грибов в существенной доле семян с симптомами ЧЗ.

Такие же наблюдения опубликованы коллегами из ВНИИФ, которые провели микологический анализ зерна озимой пшеницы из Ростовской, Курской, Волгоградской области и Ставропольского края за период 2014–2020 гг., и показали что при высокой колонизации образцов зерна грибами рода *Alternaria* (48–85%) они имели хорошие посевные качества, и наличие симптома ЧЗ не зависело от уровня инфицирования (Будынков, Михалева, 2022). Фитопатологический анализ бессимптомных и чернозародышевых зерен яровой пшеницы из Красноярского края выявил у последних значительное превышение зараженности грибами рода *Alternaria* в двух из десяти образцов, а различий по зараженности зерна грибами рода *Bipolaris* между вариантами не обнаружено, только в одном образце всхожесть семян с симптомами была ниже, чем у визуально здоровых (Neshumaeva, 2023). Согласно исследованиям итальянских коллег, проанализировавших 120 образцов твердой пшеницы, не были выявлены корреляции между симптомом ЧЗ, инфицированностью зерна грибами *Alternaria* и содержанием их микотоксинов (Masiello et al., 2020).

Однако, к сожалению, большинство исследователей причин ЧЗ и по сей день анализируют зерно и интерпретируют результаты, следуя методическим приёмам и представлениям, которые уже очень давно не считаются научными. Как следствие, в русскоязычных научных публикациях, особенно в многочисленных материалах конференций, авторы продолжают единодушно утверждать, что возбудителями заболевания черный зародыш являются «токсикогенный гриб *Bipolaris sorokiniana* и грибы рода *Alternaria*» (Sisterna, Sarandon, 2005; Лапина и др., 2012; 2020; Жемчужина и др., 2019; Шабатуков и др., 2022; Кириченко, Торопова, 2024 и др.). Данная бездоказательная информация активно транслируется на сайтах различных организаций, связанных с агропроизводством и продажей средств защиты растений. Более того, большинство сторонников мнения о биотической природе ЧЗ утверждают, что наличие зерен с симптомом приводит к снижению качества зерна и рекомендуют применение химических, биологических средств защиты растений, экстрактов определенных растений для снижения доли чернозародышевых зерен в урожае (Лапина и др., 2012, 2020; Al-Sadi, 2021; El-Gremi et al., 2017).

Другая часть исследователей высказывают предположение, что ЧЗ может быть результатом абиотических стрессов, поскольку симптомы чаще возникают при экстремальных условиях окружающей среды. Показано, что симптом ЧЗ является следствием физиологических реакций, связанных в основном с высокой влажностью во время налива зерна (Fernandez, Conner, 2011). Установлена связь между проявлением ЧЗ и количеством осадков в течение 20–30 дней после цветения (Khani et al., 2018). Исследование влияния осадков в различные периоды после цветения пшеницы в Великобритании, показало, что укрытие от дождя в течение налива зерна снизило, а увлажнение колоса

увеличило симптомы ЧЗ (Yadav, Ellis, 2017). Орошение и внесение удобрений в разные периоды онтогенеза пшеницы влияли на количество, размер зерен и проявление ЧЗ, но результаты были непостоянны в зависимости от года и уровня вносимого азота (Clarke et al., 2004; Sisterna, Sarandon, 2005). Результаты анализа влияния температуры на возникновение ЧЗ иногда противоречат друг другу. Например, Moschini et al. (2006) показали, что высокая температура увеличивает частоту возникновения симптомов. Это не согласуется с выводами других исследователей, которые сообщили, что для возникновения таких симптомов необходима более низкая температура в сочетании с высокой влажностью (Conner, 1989; Fernandez et al., 2000; Kumar et al., 2002; Clarke et al., 2004; Moschini et al., 2006; Walker et al. 2008). Таким образом, исследования показывают, что ЧЗ является результатом абиотических стрессов, поскольку симптом чаще возникает после экстремальных условий окружающей среды.

Многие исследования демонстрируют отсутствие эффекта применения фунгицидов на распространение ЧЗ и косвенно указывают на абиотическую причину возникновения симптома. Согласно Dimmock и Gooding (2002) и Ruske и др. (2003) обработка фунгицидами из классов стробилурины и азолы до появления колоса фактически увеличивает проявление ЧЗ. Одним из обоснований данного феномена может быть то, что обработка фунгицидами приводит к удлинению периода вегетации и к увеличению размера зерна, потенциально снижая концентрацию белка за счёт дополнительного образования углеводов, что может быть фактором риска для повышенного проявления симптома ЧЗ (Williamson, 1997; Dimmock, Gooding, 2002; Clarke et al., 2004). Ряд исследований показал, что величина и вес зерна положительно связаны с проявлением ЧЗ (Lorenz, 1986; Cromey, Mulholland, 1988; Sesiz, 2023; Sisterna, Sarandon, 2005). Таким образом, современные технологии выращивания пшеницы с интенсивным применением фунгицидов во время формирования зерна могут усугублять проблему с ЧЗ.

Использование в последние годы высокоинформативных и объективных методов анализа принесло новый взгляд на рассматриваемое явление и всё больше подтверждает стрессовую природу ЧЗ, как изменение цвета покровных слоев формирующейся зерновки под воздействием абиотических факторов. В том числе, проявление ЧЗ связывают с активностью ферментов, например, пероксидазы и полифенолоксидазы, которые катализируют окисление фенольных соединений, приводящее к образованию окрашенных продуктов в зерне (меланинов и хинонов) (Williamson, 1997; Wei et al. 2015; Qu et al., 2024).

Однако в другом исследовании не выявлено четкой связи между активностью пероксидазы и потемнением оболочки (Cipollone et al., 2020). Чтобы установить причину потемнения оболочек зерна были измерены спектры поглощения в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном свете экстрактов, полученных из темных частей зерен и аналогичной части зерен без черноты у восприимчивых генотипов пшеницы, инокулированных грибом *B. sorokiniana* (Li et al., 2020). Авторы показали, что темный пигмент, приводящий к симптому ЧЗ, не связан с присутствием *B. sorokiniana*, может быть получен *in vitro*

в зернах пшеницы с добавлением фенольного субстрата (катехина) и перекиси водорода.

На сегодняшний день точно известно, что существует генетическое разнообразие устойчивости сортов пшеницы к проявлению симптома ЧЗ (Conner, Thomas, 1985; Lehmensiek et al., 2004; Christopher et al., 2007; Sissons et al., 2010; Fernandez et al., 2011; Xu et al., 2018; Мальчиков и др., 2022; Qu et al., 2024). Согласно исследованиям, проведённым в Китае в 2010–2012 гг., 62.5 % из 403 генотипов пшеницы были классифицированы как восприимчивые к проявлению ЧЗ в полевых условиях (Li et al., 2014). В Турции среди 200 сортов мягкой пшеницы 6 % не проявляли симптом ЧЗ (Sesiz et al., 2023). В Самарском НИИСХ, анализ 62 сортов твердой яровой пшеницы позволил выявить достоверное влияние генотипа растения на формирование зерна с ЧЗ: вклад показателя в дисперсию признака составил 8.2 % (Мальчиков и др., 2022).

Китайские исследователи провели анализ устойчивости к ЧЗ 166 сортов пшеницы и идентифицировали 25 уникальных локусов, наибольшее количество которых

было обнаружено в геноме А (11), за которым следовали геномы В (10) и D (4) (Liu et al., 2017). Результаты картирования показывают возможности маркер-ассоциированной селекции в генетическом улучшении устойчивости к ЧЗ пшеницы (Liu et al., 2021; Qu et al., 2024). Для селекции устойчивых к ЧЗ сортов решающее значение имеет создание генотипов с большим количеством аллелей устойчивости, вовлеченных в защитные механизмы ответа растений на различные внешние факторы, включая биотический и абиотический стрессы. Таким образом, не существует единой причины возникновения ЧЗ пшеницы, а в основе лежат сложные биохимические процессы, требующие тщательного экспериментального анализа.

В дальнейшем было бы полезно установить локализацию пигмента (внутри клеток зерновки, в межклеточном пространстве), а также охарактеризовать структуру меланинов и хинонов, используя современные методы исследований (хроматография, масс-спектрометрия и др.), выяснить их функции и механизмы образования.

### Заключение

Наши результаты достоверно показывают, что внешне здоровые зерна и зерна с явными симптомами ЧЗ, имеют сходные показатели всхожести, массы 1000 зерен и инфицирования различными грибами. Сравнительный анализ содержания ДНК доминирующих групп грибов *Alternaria* и *Fusarium* в разных фракциях зерна и не выявил более высокого количества ДНК грибов во фракции зерна с ЧЗ. Полученные результаты однозначно показывают отсутствие связи симптома ЧЗ с присутствием грибов в тканях зерновки. Наиболее вероятной причиной его проявления являются абиотические факторы.

По нашему мнению, ЧЗ не является симптомом заболевания растения, вызываемого грибами, а является результатом изменения физиологических процессов под действием абиотических факторов, индуцирующих синтез темного пигмента в восприимчивых генотипах и не приводящих

к критически важным нарушениям жизнедеятельности растения.

Данный симптом нельзя воспринимать как ухудшающий характеристики семенного и продовольственного зерна пшеницы и, следовательно, показатель «белизна» получаемой из него муки не отражает её качество, что должно стать обнадеживающей информацией для пищевой промышленности. Важной проблемой является существующее нормирование зерна с ЧЗ. К сожалению, действующие ГОСТы не являются научно-обоснованными документами; сформированные много лет назад, они формально обновляются, без учёта современных знаний, методов и инструментария. Существует насущная необходимость в разработке новых нормативных документов, с приведением их содержания в соответствие с накопленной научной информацией и отвечающих потребностям общества.

### Благодарности

Работа проводилась с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием «Инновационные технологии защиты растений» ФГБНУ ВИЗР. Авторы благодарят лаборанта-исследователя ФГБНУ ВИЗР Е.П. Арабину за помощь в проведённых исследованиях.

Работа выполнена в рамках государственного задания по проекту FGEU-2025-0005.

### Библиографический список (References)

- Будынков НИ, Михалева СН (2022) Мониторинг альтернативных грибов на зерне озимой пшеницы в хозяйствах юга России (2014–2020 гг.). *Агрохимия* 2:76–82. <https://doi.org/10.31857/S0002188122020041>
- Гагкаева ТЮ, Гаврилова ОП, Левитин ММ, Новожилов КВ (2011) Фузариоз зерновых культур. *Защита и карантин растений* (S5):59–120. <http://www.z-i-k-r.ru/interest/fuzarioz.pdf>
- Ганнибал ФБ (2014) Альтернариоз зерна – современный взгляд на проблему. *Защита и карантин растений* (6):11–15
- Ганнибал ФБ (2018) Изучение факторов, влияющих на развитие альтернариоза зерна у злаков, возделываемых в Европейской части России. *Сельскохозяйственная биология* 53(3):605–615. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.3.605rus>
- ГОСТ 26574–2017. Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2018. <https://meganorm.ru/Data2/1/4293742/4293742186.pdf>
- ГОСТ 9353–2016. Пшеница. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. <https://meganorm.ru/Data2/1/4293751/4293751950.pdf>
- ГОСТ ISO 520–2014. Зерновые и бобовые. Определение массы 1000 зерен. Москва, Стандартинформ, 2015. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293771/4293771423.pdf>
- Жемчужина НС, Киселева МИ, Лапина ВВ, Елизарова СА (2019) Патогенные и фитотоксические свойства возбудителей корневой гнили и черного зародыша зерновых культур в некоторых районах России. *Аграрная наука* (S1):142–147 <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-142-147>

- Кармач АА, Иванова ДА (2024) Встречаемость грибов р. *Nigrospora* на семенах зерновых культур западной Сибири и их чувствительность к ряду протравителей. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции Сибирской научной школы по защите растений, посвященной 90-летию со дня рождения В.А. Чулкиной. 46–51. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_65614703\\_88289620.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_65614703_88289620.pdf)
- Кириченко АА (2005) Биологические особенности возбудителей черноты зародыша зерновых культур в лесостепи Приобья. *Вестник НГАУ* 2(3):41–45. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_11769896\\_22778146.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_11769896_22778146.pdf)
- Кириченко АА, Торопова ЕЮ (2024) Мониторинг черноты зародыша зерна яровой пшеницы в лесостепи Новосибирской Области. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции Сибирской научной школы по защите растений, посвященной 90-летию со дня рождения В.А. Чулкиной. 55–59. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_65614703\\_88289620.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_65614703_88289620.pdf)
- Лапина ВВ (2012) Снижение вредоносности черного зародыша яровой пшеницы. *Вестник Саратовского государственного университета им. Н.И. Вавилова* 5:28–30
- Лапина ВВ, Савельев АС, Бочкарев ДВ, Недайборщ ЮН (2020) Распространенность и вредоносность черного зародыша зерновых культур. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета* 6 (188):13–20
- Мальчиков ПН, Чахеева ТВ, Мясникова МГ (2022) Исходный материал яровой твердой пшеницы для селекции сортов устойчивых к патогенам, вызывающим почернение зародыша зерна. *Российская сельскохозяйственная наука* 5:13–18. <https://doi.org/10.31857/S2500262722050039>
- Орина АС, Гаврилова ОП, Гагкаева ТЮ (2023) Характеристика физиолого-биохимических свойств гриба *Nigrospora gorlenkoana* Novobr., распространенного на зерновых культурах в России. *Известия РАН. Серия биологическая* 5:1–14. <https://doi.org/10.31857/S1026347022600546>
- Орина АС, Гаврилова ОП, Гагкаева ТЮ, Ганнибал ФБ (2020) Микромицеты *Alternaria* spp. и *Bipolaris sorokiniana* и микотоксины в зерне, выращенном в Уральском Федеральном Округе. *Микология и фитопатология* 54(5):365–377. <http://doi.org/10.31857/S0026364820050086>
- Сорокин НВ (1890) О некоторых болезнях культурных растений Южно-Уссурийского края. *Труды Общества Естеств. при Казанском Университете*. Казань: Тип. Казанского университета. 32 с.
- Шабатуков АХ, Хромова ЛМ, Кимова ДА (2022) Видовой состав и частота встречаемости фитопатогенов на посевах озимой пшеницы. *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН* 4(108):74–83. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2022-4-108-74-83>
- Al-Sadi AM (2021) *Bipolaris sorokiniana*-induced black point, common root rot, and spot blotch diseases of wheat: a review. *Front Cell Infect Microbiol* 11:584899. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.584899>
- Brennan JM, Fagan B, van Maanen A, Cooke BM et al (2003) Studies on *in vitro* growth and pathogenicity of European *Fusarium* fungi. *Eur J Plant Pathol* 109(6):577–587. <https://doi.org/10.1023/A:1024712415326>
- Chavez A, Kohli M (2013) Identification of fungi in black point disease of wheat. *Investigación Agraria* 15(2):133–137
- Christopher MJ, Williamson PM, Michalowicz M, Jennings R et al (2007) Simple sequence repeat markers associated with three quantitative trait loci for black point resistance can be used to enrich selection populations in bread wheat. *Aus J Agric Res* 58(9):867–873. <https://doi.org/10.1071/AR05435>
- Cipollone MJ, Moya P, Martínez I, Saparrat M et al (2020) Grain discoloration in different genotypes of durum wheat (*Triticum durum* L.) in Argentina: associated mycobiota and peroxidase activity. *J Plant Prot Res* 60(1):14–20. <https://doi.org/10.24425/jppr.2020.132200>
- Clarke MP, Gooding MJ, Jones SA. (2004) The effects of irrigation, nitrogen fertilizer and grain size on Hagberg falling number, specific weight and black point of winter wheat. *J Sci Food Agric* 84:227–236. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1657>
- Conner RL (1989) Influence of irrigation and precipitation on incidence of black point in soft white spring wheat. *Can J Plant Pathol* 11:388–392
- Conner RL, Hwang SF, Stevens RR (1996) *Fusarium proliferatum*: a new causal agent of black point in wheat. *Can J Plant Pathol* 18:419–423. <https://doi.org/10.1080/07060669609500598>
- Conner RL, Thomas JB (1985) Genetic variation and screening techniques for resistance to black point in soft white spring wheat. *Can J Plant Pathol* 74:402–407. <https://doi.org/10.1080/07060668509501669>
- Cromey MG, Mulholland RI (1988) Blackpoint of wheat: fungal associations, cultivar susceptibility, and effects on grain weight and germination. *New Zeal J Agr Res* 31:51–56. <https://doi.org/10.1080/00288233.1988.10421363>
- Desjardins AE, Busman M, Proctor RH, Stessman R (2007) Wheat kernel black point and fumonisin contamination by *Fusarium proliferatum*. *Food Addit Contam* 24(10):1131–1137. <https://doi.org/10.1080/02652030701513834>
- Dimmock JPRE, Gooding MJ (2002) The effects of fungicides on Hagberg falling numbers and blackpoint of wheat. *Crop Protect* 21:475–487. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(01\)00135-1](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00135-1)
- El-Gremi SM, Draz IS, Youssef WAE. (2017) Biological control of pathogens associated with kernel black point disease of wheat. *Crop Prot* 91:13–19. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.08.034>
- Ellis MB (1971) Dematiaceous Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute: Kew, Surrey, UK. 608 p.
- European Union Reference Laboratory for Genetically Modified Food and Feed. Event-specific method for the quantitation of maize line NK603 using real-time PCR – Protocol, 2005, 17p.
- Fernandez MR, Clarke JM, Depauw RM, Irvine RB et al (2000) Black point reaction of durum and common wheat cultivars grown under irrigation in southern Saskatchewan. *Plant Dis* 84:892–894. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.8.892>
- Fernandez MR, Conner RL (2011) Black point and smudge in wheat. *Prairie Soils and Crops* 4: 158–164
- Fernandez MR, Sissons M, Conner RL, Wang H et al (2011) Influence of biotic and abiotic factors on dark discoloration of durum wheat kernels. *Crop Science* 51(3):1205–1214. <https://doi.org/10.2135/cropsci2010.07.0433>
- Gagkaeva T, Gavrilova O, Orina A, Lebedin Y et al (2019) Analysis of toxigenic *Fusarium* species associated with wheat grain from three regions of Russia: Volga, Ural, and West Siberia. *Toxins* 11(5): 252. <https://doi.org/10.3390/toxins11050252>

- Gerlach W, Nirenberg HI (1982) The genus *Fusarium* – a pictorial atlas. Berlin: Dahlem, 406 p.
- Golosna L (2022) Mycobiota of wheat seeds with signs of “black point” under conditions of Forest-Steppe and Forest Zones of Ukraine. *Chemistry Proceedings* 10(1):93. <https://doi.org/10.3390/IOCAG2022-12236>
- Khani M, Cheong J, Mrva K, Mares D (2018) Wheat black point: Role of environment and genotype. *J Cereal Sci* 82:25–33. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.04.012>
- Kumar J, Schafer P, Huckelhoven R, Langen G et al (2002) *Bipolaris sorokiniana*, a cereal pathogen of global concern: cytological and molecular approaches towards better control. *Mol Plant Pathol* 3:185–195. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2002.00120.x>
- Lehmensiek A, Campbell AW, Williamson PM, Michalowitz M et al (2004) QTLs for black-point resistance in wheat and the identification of potential markers for use in breeding programmes. *Plant Breeding* 123:410–416. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2004.01013.x>
- Li Q, Xu K, Wang S, Li M et al (2020) Enzymatic browning in wheat kernels produces symptom of black point caused by *Bipolaris sorokiniana*. *Front Microbiol* 11:526266. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.526266>
- Li QY, Qin Z, Jiang YM, Shen CC et al (2014) Screening wheat genotypes for resistance to black point and the effects of diseased kernels on seed germination. *J Plant Dis Prot* 121:79–88. <https://doi.org/10.1007/BF03356495>
- Liu C, Song J, Liu S, Liu J et al. (2021) Molecular mapping and characterization of QBp.caas-3BL for black point resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor Appl Genet* 134:3279–3286. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03893-0>
- Liu J, He Z, Rasheed A, Wen W et al (2017) Genome-wide association mapping of black point reaction in common wheat (*Triticum aestivum* L.). *BMC Plant Biol* 17(1):220. <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1167-3>
- Lorenz K (1986) Effects of blackpoint on grain composition and baking quality of New Zealand wheat. *New Zealand J Agri Res* 29(4): 711–718. <https://doi.org/10.1080/00288233.1986.10430468>
- Masiello M, Somma S, Susca A, Ghionna V et al (2020) Molecular identification and mycotoxin production by *Alternaria* species occurring on durum wheat, showing black point symptoms. *Toxins* 12:275. <https://doi.org/10.3390/toxins12040275>
- Mónaco C, Sisterna M, Perelló A, Bello GD (2004) Preliminary studies on biological control of the black point complex of wheat in Argentina. *World J Micro Biotechn* 20:285–290. <https://doi.org/10.1023/B:WIBI.0000023835.05701.10>
- Moschini RC, Sisterna MN, Carmona MA (2006) Modelling of wheat black point incidence based on meteorological variables in the southern Argentinean Pampas region. *Aus J Agric Res* 57(11):1151–1156. <https://doi.org/10.1071/ar05275>
- Neshumaeva NA (2003) Black germ of wheat in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe. *BIO Web of Conferences* 71(2): 01095. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237101095>
- Pavón MÁ, González I, Martín R, García et al (2012) ITS-based detection and quantification of *Alternaria* spp. in raw and processed vegetables by real-time quantitative PCR. *Food Microbiol* 32(1):165–171. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.05.006>
- Qu K, Yin Z, Gao C, Song G et al (2024) Mutagenesis-derived resistance to black point in wheat. *Plant Dis* 108(4):899–907. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-23-1369-RE>
- Rees RG, Martin DJ, Law DP (1984) Black point in bread wheat: effects on quality and germination, and fungal associations. *Aust J Exp Agric Anim Husb* 24(127):601–605. <https://doi.org/10.1071/EA9840601>
- Ruske R, Gooding M, Jones S (2003) The effects of adding picoxystrobin, azoxystrobin and nitrogen to a triazole programme on disease control, flag leaf senescence, yield and grain quality of winter wheat. *Crop Protection* 22:975–987. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(03\)00113-3](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00113-3)
- Samson RA, Hoekstra ES, Frisvad JC, Filtenborg O (2002) Introduction to food- and airborne fungi. Sixth Ed. Centraalbureau Voor Schimmelcultures. Utrecht. The Netherlands, 389 p.
- Sesiz U (2023) The screening of black point in commercial bread wheat cultivars grown in Turkey, and the effect of black point on thousand grain weight. *Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 28(1):230–238. <https://doi.org/10.53433/yyufbed.1170102>
- Sissons M, Sissons S, Egan N (2010) The black point status of selected tetraploid species and Australian durum wheat and breeding lines. *Crop Sci* 50:1279–1286. <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.08.0439>
- Sisterna MN, Sarandon SJ (2005) Preliminary studies on the natural incidence of wheat black point under different fertilization levels and tillage systems in Argentina. *Plant Pathol J* 4:26–28. <https://doi.org/10.3923/ppj.2005.26.28>
- Walker KR, Able JA, Mather DE, Able AJ (2008) Black point formation in barley: environmental influences and quantitative trait loci. *Aus J Agric Res* 59(11):1021–1029. <https://doi.org/10.1071/ar08074>
- Wei J, Geng H, Zhang Y, Liu J et al (2015) Mapping quantitative trait loci for peroxidase activity and developing gene-specific markers for TaPod-A1 on wheat chromosome 3AL. *Theor Appl Genet* 128(10):2067–2076. <https://doi.org/10.1007/s00122-015-2567-0>
- Williamson PM (1997) Black point of wheat: *in vitro* production of symptoms, enzymes involved, and association with *Alternaria alternata*. *Aust J Agric Res* 48:13–19. <https://doi.org/10.1071/A96068>
- Xu KG, Jiang YM, Li YK, Xu QQ et al (2018) Identification and pathogenicity of fungal pathogens causing black point in wheat on the North China Plain. *Indian J Microbiol* 58(2):159–164. <https://doi.org/10.1007/s12088-018-0709-1>
- Yadav G, Ellis RH (2017) Effects of rain shelter or simulated rain during grain filling and maturation on subsequent wheat grain quality in the UK. *J Agric Sci* 155(2):300–316. <https://doi.org/10.1017/S0021859616000411>

# Translation of Russian References

- Budynkov NI, Mihaleva SN (2022) Monitoring of *Alternaria* fungi on winter wheat in farms of southern Russia (2014–2020). *Agrohimiya* 2:76–82. <https://doi.org/10.31857/S0002188122020041>
- Gagkaeva TYu, Gavrilova OP, Levitin MM, Novozhilov KV (2011) *Fusarium* of cereal crops. *Zaschita i Karantin Rasteniy* (S5):59–120. <http://www.z-i-k-r.ru/interest/fuzarioz.pdf>



- Gannibal FB (2014) Alternaria of grain – a modern view of the problem. *Zashchita i Karantin Rasteniy* (6):11–15
- Gannibal FB (2018) Studies of factors influencing the development of grain alternation and cereals grown in the European part of Russia. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya* 53(3):605–615. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.3.605rus>
- GOST 26574–2017. Bakery wheat flour. Technical conditions. M.: Standartinform, 2018. <https://meganorm.ru/Data2/1/4293742/4293742186.pdf>
- GOST 9353–2016. Wheat. Technical requirements. M.: Standartinform, 2019. <https://meganorm.ru/Data2/1/4293751/4293751950.pdf>
- GOST ISO 520–2014. Grains and beans. Definition of 1000-grain mass. Moscow, Standartinform, 2015. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293771/4293771423.pdf>
- Zhemchuzhina NS, Kiseleva MI, Lapina VV, Elizarova SA (2019) Pathogenic and phytotoxic properties of root rot and black rot of grain crops in some regions of Russia. *Agrarnaya nauka* (S1):142–147. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2019-326-1-142-147>
- Karmach AA, Ivanova DA (2024) Most common fungi *Nigrospora* genus on grain crops of Western Siberia and their sensitivity to pesticides. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference of the Siberian Scientific School on Plant Protection, celebrated the 90th anniversary of V.A. Chulkina birthday. 46–51. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_65614703\\_88289620.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_65614703_88289620.pdf)
- Kirichenko AA (2005) Biological characteristics of pathogens causing black point in grain crops in the forest-steppe of the Ob region. *Vestnik NGAU* 2(3):41–45. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_11769896\\_22778146.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_11769896_22778146.pdf)
- Kirichenko AA, Toropova EYU (2024) Monitoring black point of spring wheat grain in the forest steppes of Novosibirsk Oblast. Collected papers from the All-Russian scientific-practical conference of the Siberian scientific school on plant protection, dedicated to the 90th anniversary of V.A. Chulkina birthday. 55–59. [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_65614703\\_88289620.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_65614703_88289620.pdf)
- Lapina VV (2012) Reduction of damage caused by black point of spring wheat. *Vestnik of Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova* 5:28–30
- Lapina VV, Savel'ev AS, Bochkarev DV, Nedajborshch YUN (2020) Prevalence and damage caused by black point of cereal crops. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* 6 (188):13–20
- Mal'chikov PN, Chaheeva TV, Myasnikova MG (2022) Extractive material of spring wheat for selection of varieties resistant to pathogens causing darkening of grain. *Russian Agricultural Science* 5:13–18. <https://doi.org/10.31857/S2500262722050039>
- Orina AS, Gavrilova OP, Gagkaeva TYu (2023) Physiological and biochemical characters of *Nigrospora gorlenkoana* Novobr. occurring on cereals. *Biology Bulletin* 50:749–761. <https://doi.org/10.1134/S1062359023602550>
- Orina AS, Gavrilova OP, Gagkaeva TYu, Gannibal FB (2020) Micromycetes *Alternaria* spp. and *Bipolaris sorokiniana* and mycotoxins in the grain from the Ural Region. *Mikologiya i phytopatologiya* 54(5):365–377. <http://doi.org/10.31857/S0026364820050086>
- Sorokin NV (1890) About some diseases of plant cultures of South-Ussurian region. *Trudy Obshchestva Estestv. pri Kazanskogo Universitete. Kazan': Tip. Kazanskogo Universiteta*. 32 s.
- Shabatukov AH, Hromova LM, Kimova DA (2022) Species composition and frequency of occurrence of phytopathogens in winter wheat. *News of Kabardino-Balkar Scientific Center RAN* 4(108):74–83. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2022-4-108-74-83>

Plant Protection News, 2025, 108(4), p. 236–244

OECD+WoS: 1.06+RQ (Mycology)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-4-17339>

Full-text article

## BLACK POINT IN WHEAT: REALITY VS STEREOTYPES

T.Yu. Gagkaeva\*, O.P. Gavrilova, A.S. Orina, Ph.B. Gannibal

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

\*corresponding author, e-mail: [t.gagkaeva@mail.ru](mailto:t.gagkaeva@mail.ru)

The “black point” symptom is a common discoloration of wheat and barley grain observed in most regions worldwide where these crops are grown. There are strict standards for the content of black point grains in batches of food wheat both in Russia and abroad. The mechanisms involved in the appearance of dark pigment have not yet been fully elucidated. In this study, an analysis of average samples of commercial batches of winter wheat from the Central Federal District of the 2024 harvest was carried out, where the proportion of visually detected grains with black point ranged from 4 to 27%. According to the obtained results, the percentage of fungal infection, the taxonomic composition of mycobiota and the DNA content of the two dominant fungal groups *Alternaria* and *Fusarium* were highly similar in the fractions of visually healthy grain and grain with black point. In our opinion, this symptom is caused by abiotic environmental factors leading to physiological darkening of grain tissues, and with a high degree of certainty can be attributed to wheat diseases, the harmfulness of which has not been proven.

**Keywords:** harmfulness, fungal DNA, grain, quantitative PCR, mycology, disease symptoms, physiology

Submitted: 04.09.2025

Accepted: 28.11.2025

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ВОЗБУДИТЕЛЯ РОЗОВОГО БАКТЕРИОЗА ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ И РЖИ *ERWINIA RHAPONTICI* К АНТИБИОТИКАМ

И.С. Авдеев<sup>1,2</sup>, А.Н. Игнатов<sup>2</sup>, О.Ю. Словарева<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский центр карантина растений, Быково

<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов, Москва

\*ответственный за переписку, e-mail: [slovareva.olga@gmail.com](mailto:slovareva.olga@gmail.com)

Условно-патогенная бактерия *Erwinia rhapontici* вызывает розовый бактериоз зерна пшеницы и ржи, существенно снижая качество зерновой продукции, что ограничивает экспорт зерна из Российской Федерации. Выделение чистой культуры бактерии необходимо для эффективной диагностики патогена с целью предотвращения его распространения. Присутствие *E. rhapontici* в зараженном растении в составе бактериального комплекса требует использования селективных факторов, таких как антибиотики. Изолируемый объект должен быть устойчивым к антибиотикам, используемым в питательной среде. В настоящем исследовании проведено определение устойчивости штаммов VNIKR-B-0065 из *Sorbus aucuparia* и VNIKR-B-0102 из *Triticum durum* к различным антибиотикам с применением диско-диффузионного метода и метода жидких сред. При использовании дисков с антибиотиками, наименьший уровень ингибирования роста целевой бактерии отмечен в вариантах с тилозином и ампициллином, что делает их перспективными для добавления в состав селективной питательной среды. Энрофлоксацин, цефтазидим, амикацин, ципрофлоксацин, меропенем, цефоперазон и тетрациклин статистически достоверно ингибировали рост *E. rhapontici*. Меропенем и энрофлоксацин подавляли рост патогена сильнее всего. В жидкой среде в присутствии 2,3,5-трифенилтетразолия хлористого как стандартного индикатора окислительно-восстановительной реакции, были определены перспективные для использования в составе селективной питательной среды антибиотики и установлены их оптимальные концентрации, не влияющие на рост целевой бактерии. Ими являются ампициллин 0.1 мг/л, бацитрацин 100 мг/л, ванкомицин 0.1 мг/л, касугамицин 25 мг/л, новобиоцин 2.5 мг/л, пенициллин G 3 мг/л, тетрациклин 50 мг/л и тилозин 50 мг/л. Отмечено количественное различие в устойчивости к антибиотикам между двумя штаммами *E. rhapontici*, что может быть связано с их специфическими генетическими свойствами. Полученные результаты заложили основу для исследования большого числа изолятов *E. rhapontici*, для разработки окончательного состава селективной среды.

**Ключевые слова:** бактериозы зерновых, выделение бактерий, селективная среда, фитосанитарные требования, карантин растений, диагностика

Поступила в редакцию: 03.09.2025

Принята к печати: 05.12.2025

### Введение

Розовый бактериоз зерна пшеницы и ржи поражает колосья и зерно пшеницы, ржи и других злаков. Зерновки приобретают розовый цвет и становятся непригодными как для использования в продовольственных и фуражных целях (McMullen et al., 1984), так и в качестве семенного материала (Luisetti, Rapilly, 1967; Huang, Erickson, 2004). Возбудителем болезни является энтеробактерия *Erwinia rhapontici* (Millard 1924) Burkholder 1948 (далее – *E. rhapontici*), большинство штаммов которой вырабатывают водорастворимый розовый пигмент ферророзамин А (proferrosamine/ferrosamine A), хелатирующий ионы железа и обуславливающий появление розовой окраски пораженных растений (Born et al., 2016). Последнее исследование показало, что фитопатоген может быть выделен из зерновых культур без явных признаков бактериоза (Slovareva et al., 2025).

Поскольку присутствие *E. rhapontici* в сельскохозяйственной продукции регулируется фитосанитарными требованиями ряда стран, осуществляющих импорт зерна из Российской Федерации (Словарева, 2020), возникает

необходимость в разработке эффективных методов идентификации этой бактерии. Одним из ключевых методов, позволяющих подтвердить присутствие в образце жизнеспособного фитопатогена, является метод изоляции чистой культуры (Десятерик и др., 2023; Игнатьева, Словарева, 2024). В то же время, при попытках выделения *E. rhapontici* часто возникают проблемы, вызванные преобладанием в растительном образце сапротрофных бактерий, активно растущих на питательной среде, и замедляющих или полностью подавляющих рост *E. rhapontici*. Их присутствие увеличивает время, необходимое для появления визуально-идентифицируемых колоний патогена, загрязняет чистую культуру и затрудняет проведение последующих этапов анализа. Отмечено, что *E. rhapontici* выделяют из растительных образцов совместно с другими представителями бактериального патоконсоциума (Лазарев и др., 2020; Дымнич, Глинская, 2022).

В сложившихся условиях становится необходимой разработка селективной питательной среды, ингибирующей рост сопутствующих бактерий и поддерживающей

быстрый рост *E. rhapontici*. Одним из ключевых этапов разработки селективной среды является выбор антибиотиков, не влияющих на целевой объект, и определение наиболее эффективных селективных концентраций действующих бактерицидных компонентов среды (Kawanishi et al., 2011). Только те из них, которые не оказывают ингибирования на объект, и в то же время полностью ингибируют рост сопутствующих микроорганизмов, могут быть использованы в составе селективной среды.

Ранее было показано, что некоторые штаммы *E. rhapontici* проявляют устойчивость к амоксициллину,

#### Материалы и методы исследования

В качестве тест-объектов использовали выделенные в РФ штаммы VNIKR-B-0065 и VNIKR-B-0102 *E. rhapontici*, идентифицированные по сходству фенотипических, физиологических и молекулярно-генетических признаков с типовым штаммом вида DSM 4484 (Leibniz-Institut DSMZ-Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH, Германия). Детальная информация о происхождении штаммов представлена в Табл. 1.

В исследовании использовали два метода определения устойчивости *E. rhapontici* к антибиотикам: диско-диффузионный метод и метод определения эффективной концентрации в жидкой среде.

##### Диско-диффузионный метод

Диско-диффузионный метод определения чувствительности к антибиотикам основан на способности антибактериального препарата диффундировать из пропитанных ими бумажных дисков в питательную среду, угнетая рост микроорганизмов, посеянных на поверхности агар (Семина и др., 2004; Thornberry, 1950; De Beer, Sherwood, 1945).

В опыте использовали диски с антибиотиками производства ООО «Научно-Исследовательский Центр Фармакотерапии» (Россия, Санкт-Петербург, ул. Белы Куна, д. 30А). Из набора индикаторных дисков ДИ-ПЛС-50-01 для определения чувствительности синегнойной палочки и ацинетобактеров к противомикробным лекарственным средствам использовали диски с цефтазидимом, амикацином, цiproфлоксацином, меропенемом, цефоперазоном и ампициллином. Из набора для определения чувствительности микроорганизмов к противомикробным препаратам для ветеринарных лабораторий использовали диски с тетрациклином, тилозином и энрофлоксацином.

Аликвоты 20 мкл суточной бактериальной суспензии штамма *E. rhapontici* VNIKR-B-0065, примерно соответствующей стандарту мутности 2 по Мак-Фарланду, наносили на поверхность чашки Петри диаметром 90 мм с агаризованной средой R2A (HiMedia Laboratories (Махараштра, Индия), модифицированной дополнительными 5 г/л агара. Суспензию равномерно распределяли по всей поверхности среды с помощью стерильного шпателя Дригальского. Затем, на поверхность агара помещали по 4 диска с одним видом антибиотика на одну чашку Петри в двух повторностях (всего 8 дисков на каждый вид антибиотика), чашки оборачивали пленкой «Parafilm» и инкубировали при 28 °C.

По истечении 1-х суток измеряли средний радиус ингибирования роста культуры *E. rhapontici* и вычисляли среднее значение для 8 повторов. Анализ данных проводили

ампициллину, бацитрацину, касугамицину, пенициллину G, амикацину, тетрациклину и тилозину (Авдеев, Словарева, 2024). Для определения перспектив использования указанных антибиотиков, а также других противомикробных средств при разработке селективной питательной среды требуется определение их предельных концентраций, не подавляющих рост *E. rhapontici*.

**Цель исследования** – определение устойчивости бактерии *E. rhapontici* к антибиотикам.

с использованием оригинальной программы, написанной на языке R 4.5.0 (The R Foundation, [сайт] URL: <https://cloud.r-project.org/>) и программного обеспечения RStudio Version: 2025.05.0+496 (2025 Posit Software., [сайт] URL: <https://posit.co/download/rstudio-desktop/>). Для проверки на принадлежность наблюдаемой выборки нормальной генеральной совокупности использовали критерий Шапиро-Уилка. Определение наличия статистически значимых различий между вариантами проводили методом однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с выделением гомогенных групп средних величин по критерию Дункана. Парные сравнения между вариантами дополнительно проводили с использованием теста Тьюки (Lee, 2022).

##### Метод оценки чувствительности бактерий к антибиотикам в жидкой среде

Для проведения исследования использовали базовую жидкую среду «Б» (Feistner et al., 1983), модифицированную путем добавления 2,3,5-трифенилтетразолия хлористого (далее – ТТХ). Модифицированная среда «Б» содержала 5 г/л  $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$ , 0,5 г/л  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , 5 г/л  $(NH_4)_2SO_4$ , 10 г/л сахарозы, а также 0,05 г/л ТТХ. Стерилизацию среды проводили автоклавированием при 121 °C в течение 20 минут, а ТТХ добавляли после охлаждения среды до 50 °C в виде 5 мл 1%-го водного раствора, стерилизованного путем фильтрации (Millex (Дармштадт, Германия)).

Среда «Б» прозрачна, бесцветна и подходит для культивирования целевой бактерии. Состав среды «Б» примечателен тем, что без добавления источника углевода к ней, *E. rhapontici* и другие энтеробактерии не способны расти, в отличие от базовых сред с добавлением экстрактов и пептона.

Культивирование *E. rhapontici* в жидкой среде осуществляли с использованием нескольких концентраций каждого антибиотика, чтобы затем подробнее изучить чувствительность бактерии к тем препаратам, которые могут быть перспективны для использования в составе селективной среды. Выбор антибиотиков проводили на основе состава селективных и экспериментальных сред, используемых при исследовании бактерий разных семейств (Табл. 2).

В пробирки типа «Falcon» объемом 15 мл помещали по 10 мл среды «Б», а затем добавляли антибиотик до определенной концентрации (Табл. 2). Пробирку со смесью среды и антибиотика перемешивали на центрифуге Вортекс, а затем содержимое распределяли в 1,5 мл пробирки типа Эппендорф, по 1 мл в каждую. Каждый вариант антибиотика в каждой концентрации исследовали в 3

повторностях для штаммов *E. rhapontici* VNIKR-B-0065 и VNIKR-B-0102 в соответствии со схемой (рис. 1).

Для посева бактерий в каждом повторе использовали по 10 мкл суточной бактериальной суспензии штаммов *E. rhapontici*, примерно соответствующей стандарту мутности 1 по Мак-Фарланду. В качестве отрицательного контроля контаминации среды с антибиотиками использовали по 10 мкл стерильной воды в 3 повторах (рис. 1).

Положительный контроль (без антибиотиков) состоял из 3 пробирок для каждого из исследуемых штаммов. Общий отрицательный контроль (без антибиотиков, без бактерий) состоял из 3 повторов (рис. 1).

Пробирки с опытными образцами и контролями с закрытой крышкой инкубировали в термостате при 28 °C в течение 3 суток.

Таблица 1. Штаммы бактерий, используемые в исследовании  
Table 1. Bacteria strains, used in the study

Штамм VNIKR-B [Strain VNIKR-B]	Выделен из: [Isolated from:]	Геоданные [Geodata]	Дата сбора образца [Date of sample collection]	Дата выделения штамма [Date of strain isolation]	Оригинатор штамма [Strain originator]
0065	<i>Sorbus aucuparia</i> , сухие соплодия [dry infructescence]	г. Коломна, берег р. Оки, частный сектор [Kolomna, bank of the Oka River, private sector]	Июнь 2020 [June 2020]	11.06.2020	Дренова Н.В. [Drenova N.V.]
0102	<i>Triticum durum</i> , сорт Синьора [cultivar Sin'ora]	Краснодарский край [Krasnodar region]	Июнь 2024 [June 2024]	05.08.2024	Авдеев И.С. [Avdeev I.S.]

\*VNIKR-B – Исследовательская коллекция фитопатогенных бактерий научно-методического отдела бактериологии ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»).

Таблица 2. Используемые антибиотики, их рабочие концентрации и свойства  
Table 2. Antibiotics used, their working concentrations, and properties

Антибиотик [Antibiotic]	Механизм действия антибиотика [Antibiotic property]	Содержание антибиотика в дисках, мкг, или в среде, мг/л и ссылка на источник [Antibiotic content in disks, µg, or in the medium, mg/l, and reference]
Диско-диффузионный метод [Disk diffusion method]		
Тилозин (ООО «НИЦФ», Россия) [Tylosin (ООО "NICF", Russia)]	Ингибирование синтеза белка за счет связывания с рибосомой [Inhibition of protein synthesis due to binding to the ribosome] (Corcoran et al., 1977)	30
Энрофлоксацин (ООО «НИЦФ», Россия) [Enrofloxacin (ООО "NICF", Russia)]	Ингибирование активности ДНК-гиразы [Inhibition of DNA gyrase activity] (Darby et al. 2023)	5
Цефтазидим (ООО «НИЦФ», Россия) [Ceftazidim (ООО "NICF", Russia)]	Ингибирование синтеза клеточной стенки (через пенициллин-зависимые связывающие белки – ПСБ) [Inhibits cell wall synthesis (via penicillin-dependent binding proteins – PDP)] (Darby et al. 2023)	30
Амикацин (ООО «НИЦФ», Россия) [Amikacin (ООО "NICF", Russia)]	Ингибирование образования комплекса транспортной и матричной РНК за счет связывания с 30S субъединицей рибосомы [Inhibition of transfer and messenger RNA complex formation due to binding to the 30S ribosome subunit] (Darby et al. 2023)	30
Ципрофлоксацин (ООО «НИЦФ», Россия) [Ciprofloxacin (ООО "NICF", Russia)]	Ингибирование активности ДНК-гиразы [Inhibition of DNA gyrase activity] (Darby et al. 2023)	5
Меропенем (ООО «НИЦФ», Россия) [Meropenem (ООО "NICF", Russia)]	Ингибирование синтеза клеточной стенки (через пенициллин-зависимые связывающие белки – ПСБ) [Inhibits cell wall synthesis (via penicillin-dependent binding proteins – PDP)] (Darby et al. 2023)	10
Цефоперазон (ООО «НИЦФ», Россия) [Cefoperazone (ООО "NICF", Russia)]	Ингибирование синтеза клеточной стенки (через пенициллин-зависимые связывающие белки – ПСБ) [Inhibits cell wall synthesis (via penicillin-dependent binding proteins – PDP)] (Darby et al. 2023)	75
Ампициллин (ООО «НИЦФ», Россия) [Ampicillin (ООО "NICF", Russia)]	Ингибирование синтеза клеточной стенки [Inhibits cell wall synthesis] (Peechakara et al. 2024)	10
Тетрациклин (ООО «НИЦФ», Россия) [Tetracycline (ООО "NICF", Russia)]	Ингибирование синтеза белка за счет связывания с рибосомой [Inhibition of protein synthesis due to binding to the ribosome] (Nguyen et al., 2014)	30

Продолжение таблицы 2 // Table 2 continued

Антибиотик [Antibiotic]	Механизм действия антибиотика [Antibiotic property]	Содержание антибиотика в дисках, мкг, или в среде, мг/л и ссылка на источник [Antibiotic content in disks, µg, or in the medium, mg/l, and reference]
Метод оценки чувствительности бактерий к антибиотикам в жидкой среде [Method for assessing the sensitivity of bacteria to antibiotics in a liquid medium]		
Амоксициллин («Central Drug Hause», Индия) [Amoxicillin («Central Drug House», India)]	Ингибирование синтеза клеточной стенки [Inhibition of cell wall synthesis] (Karunarathna et al., 2024)	1; 2; 5 (Sodhi et al., 2020)
Ампициллин («Fisher BioReagents», Китай) [Ampicillin («Fisher BioReagents», China)]	Ингибирование синтеза клеточной стенки [Inhibition of cell wall synthesis] (Peechakara et al., 2024)	0.1; 0.5; 1 (Simon, Ridge, 1974)
Бацитрацин («Sigma-Aldrich», США) [Bacitracin («Sigma-Aldrich», USA)]	Ингибирование синтеза клеточной стенки и белка [Inhibition of cell wall and protein synthesis] (Smith, Weinberg, 1962)	25; 50; 100 (De Miguel et al., 2011)
Ванкомицин («Panreac AppliChem», Германия) [Vancomycin («Panreac AppliChem», Germany)]	Ингибирование синтеза клеточной стенки [Inhibition of cell wall synthesis] (Wilhelm, 1991)	0.01; 0.05; 0.1 (Shigei et al., 2002)
Гентамицин (ООО НПП «ПанЭко», Россия) [Gentamicin (ООО NPP “PanEko”, Russia)]	Нарушение трансляции мРНК за счет связывания с рибосомой [mRNA translation disruption due to binding to the ribosome] (Chaves, Tadi, 2024)	0.5; 1; 2.5 (Donnelly, Hartman, 1978)
Касугамицин («Sigma-Aldrich», США) [Kasugamycin («Sigma-Aldrich», USA)]	Ингибирование синтеза белка за счет связывания с рибосомой [Inhibition of protein synthesis by binding to the ribosome] (Schuwirth et al., 2006)	15, 20, 25 (Adaskaveg et al., 2011)
Неомицин («Sigma-Aldrich», США) [Neomycin («Sigma-Aldrich», USA)]	Ингибирование синтеза белка за счет связывания с рибосомой [Inhibition of protein synthesis by binding to the ribosome] (Veirup, Kyriakopoulos, 2020)	1; 2.5, 5 (Myers, Varela-Díaz, 1973)
Новобиоцин («Sigma-Aldrich», США) [Novobiocin («Sigma-Aldrich», USA)]	Ингибирование синтеза ДНК, РНК, клеточной стенки и белка [Inhibition of DNA, RNA, cell wall, and protein synthesis] (Smith., Davis, 1967)	2, 2.5, 5 (Restaino et al., 1977)
Пенициллин G («Roth», Германия) [Penicillin G («Roth», Germany)]	Ингибирование синтеза клеточной стенки [Inhibition of cell wall synthesis] (Canzani, Aldeek, 2017)	2; 3; 5 (Kneifel, Leonhardt, 1992)
Стрептомицин («Агрофарм», Россия) [Streptomycin («Agropharm», Russia)]	Ингибирование синтеза белка за счет связывания с рибосомой [Inhibition of protein synthesis due to binding to the ribosome] (Luzzatto et al., 1968)	0.5, 1.25, 2.5, 10; 25; 50 (Schroeder et al., 2002)
Тетрациклин (АО «Биохимик», Россия) [Tetracycline (АО “Biokhimik”, Russia)]	Ингибирование синтеза белка за счет связывания с рибосомой [Inhibition of protein synthesis due to binding to the ribosome] (Nguyen et al., 2014)	10; 25; 50 (Schroeder et al., 2002)
Тилозин (ООО «НИТА-ФАРМ», Россия) [Tylosin (ООО “NI-TA-PHARM”, Russia)]	Ингибирование синтеза белка за счет связывания с рибосомой [Inhibition of protein synthesis due to binding to the ribosome] (Corcoran et al., 1977)	50; 100; 200 (Карабанова, 2004)
Рифампицин («SRL», Индия) [Rifampicin («SRL», India)]	Ингибирование РНК-полимеразы [Inhibition of RNA polymerase] (Campbell et al., 2001)	1; 2; 5; 10; 25; 50 (Athalye et al., 1981)

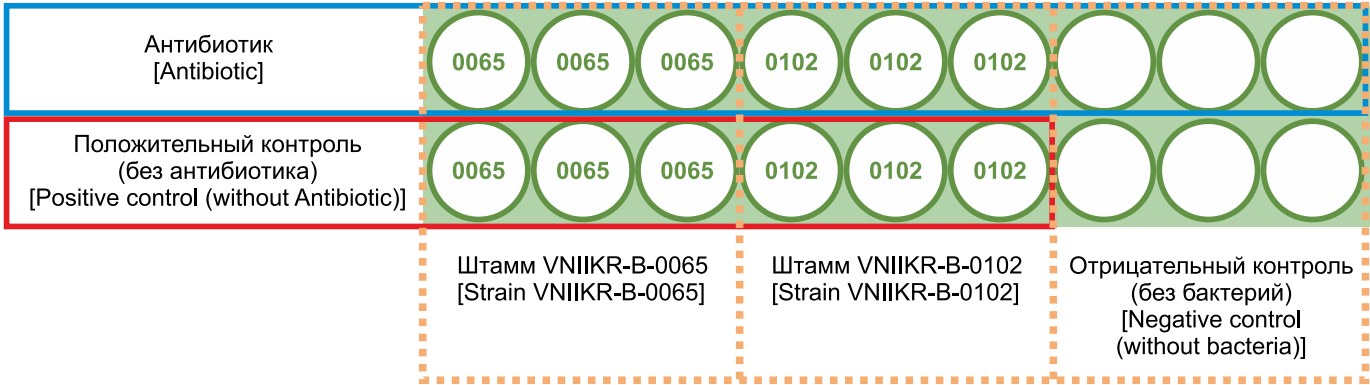


Рисунок 1. Схема опыта по определению устойчивости *Erwinia rhapontici* к антибиотикам  
Figure 1. The scheme of experience in assessing the resistance of *Erwinia rhapontici* to antibiotics



## Результаты исследования и обсуждение

## Диско-диффузионный метод

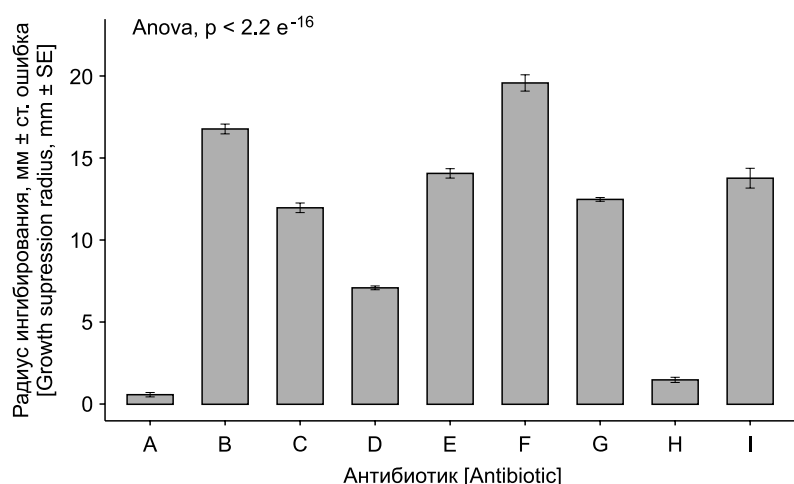
По истечении 1-х суток инкубирования чашек Петри с культурой *E. rhapontici* и дисками с антибиотиками зафиксированы различные значения среднего радиуса ингибирования роста бактерии в зависимости от антибиотика. Применение критерия Шапиро-Уилка показало принадлежность каждой наблюдаемой выборки нормальной генеральной совокупности. Результаты проведения ANOVA показали наличие статистически значимых различий между вариантами ( $F \text{ value} < 2.2 \times 10^{-16}$ ) (рис. 2).

Наибольший радиус ингибирования наблюдали в вариантах с меропенемом и энрофлоксацином (рис. 2). Наименьшим ингибирующим воздействием обладали тилозин и ампициллин (рис. 2).

Судя по результату выделения гомогенных групп методом Дункана, различия между цефтазидином и

цефоперазоном, и между тетрациклином и ципрофлоксацином были статистически недостоверными (рис. 2). Реакция бактерий к остальным антибиотикам была четко дифференцирована. Попарные сравнения средних значений между вариантами с использованием теста Тьюки (пороговое значение скорректированного  $p\text{-value} - \text{adjusted } p\text{-value} = 0.05$ ) показали, что существенная разница в ингибировании роста *E. rhapontici* отсутствовала между антибиотиками ампициллин и тилозин, цефоперазон и цефтазидим, ципрофлоксацин и тетрациклин, цефоперазон и тетрациклин (Табл. 3).

Результаты показали достоверное выделение из общей группы антибиотиков тилозина, ампицилина и амикацина, как не оказывающих в диагностической концентрации существенного ингибирующего действия на бактерии (рис. 2).



**Рисунок 2.** Ингибирование роста культуры *Erwinia rhapontici* различными антибиотиками при использовании диско-диффузионного метода.

Примечание: А – тилозин, В – энрофлоксацин, С – цефтазидим, D – амикацин, Е – ципрофлоксацин, F – меропенем, G – цефоперазон, H – ампициллин, I – тетрациклин

**Figure 2.** Growth inhibition of *Erwinia rhapontici* culture on an antibiotic in paper disk plating method.

Note: A – tylosine, B – efloxacin, C – eftazidime, D – amikacin, E – cyprofloracin, F – meropenem, G – cefoperazone, H – ampicillin, I – tetracycline

**Таблица 3.** Попарное сравнение средних значений радиуса ингибирования роста *Erwinia rhapontici* между вариантами с использованием теста Тьюки

**Table 3.** Results of a pairwise comparison of the average values of the radius of *Erwinia rhapontici* growth inhibition between variants using the Tukey test

Пары вариантов [Pairs of options]	Разница между средними значениями двух сравниваемых групп [The difference between the average values of the two groups being compared]	Скорректированное значение p-value [Adjusted p-value]
B-A	16.2750	1.53e <sup>-11</sup>
C-A	11.4375	1.53e <sup>-11</sup>
D-A	6.4875	1.53e <sup>-11</sup>
E-A	13.4375	1.53e <sup>-11</sup>
F-A	18.9750	1.53e <sup>-11</sup>
G-A	11.9125	1.53e <sup>-11</sup>
H-A	0.9375	0.459463
I-A	13.2125	1.53e <sup>-11</sup>
C-B	-4.8375	1.54e <sup>-11</sup>
D-B	-9.7875	1.53e <sup>-11</sup>
E-B	-2.8375	5.97e <sup>-07</sup>
F-B	2.7000	2.05e <sup>-06</sup>
G-B	-4.3625	1.6e <sup>-11</sup>
H-B	-15.3375	1.53e <sup>-11</sup>
I-B	-3.0625	7.78e <sup>-08</sup>
D-C	-4.9500	1.54e <sup>-11</sup>
E-C	2.0000	0.000782
F-C	7.5375	1.53e <sup>-11</sup>
G-C	0.4750	0.974797

Продолжение таблицы 3 // Table 3 continued

Пары вариантов [Pairs of options]	Разница между средними значениями двух сравниваемых групп [The difference between the average values of the two groups being compared]	Скорректированное значение p-value [Adjusted p-value]
H-C	-10.5000	1.53e <sup>-11</sup>
I-C	1.7750	0.004347
E-D	6.9500	1.53e <sup>-11</sup>
F-D	12.4875	1.53e <sup>-11</sup>
G-D	5.4250	1.53e <sup>-11</sup>
H-D	-5.5500	1.53e <sup>-11</sup>
I-D	6.7250	1.53e <sup>-11</sup>
F-E	5.5375	1.53e <sup>-11</sup>
G-E	-1.5250	0.024465
H-E	-12.5000	1.53e <sup>-11</sup>
I-E	-0.2250	0.999861
G-F	-7.0625	1.53e <sup>-11</sup>
H-F	-18.0375	1.53e <sup>-11</sup>
I-F	-5.7625	1.53e <sup>-11</sup>
H-G	-10.9750	1.53e <sup>-11</sup>
I-G	1.3000	0.093749
I-H	12.2750	1.53e <sup>-11</sup>

Примечание: А – тилозин, В – энрофлоксацин, С – цефтазидим, D – амикацин, E – ципрофлоксацин, F – меропенем, G – цефоперазон, H – ампициллин, I – тетрациклин, пороговое значение скорректированного p-value = 0.05. Цветом выделены пары вариантов, для которых разница не существенна.

Note: A – tylosine, B – efloxacin, C – eftazidime, D – amikacin, E – cyprofloxacin, F – meropenem, G – cefoperazone, H – ampicillin, I – tetracycline, threshold of adjusted p-value = 0.05.

The color indicates pairs of options for which the difference is not significant.

Поскольку задачей опыта являлось выявление антибиотиков, не подавляющих или в меньшей степени подавляющих рост *E. rhapontici*, то можно сделать вывод, что ампициллин и тилозин являются перспективными антибиотиками для включения в состав селективной среды. Кроме того, у ампициллина и тилозина различный механизм действия – ампициллин ингибирует синтез клеточной стенки (Реечакара et al., 2024), а тилозин вызывает ингибирование синтеза белка за счет связывания с рибосомой (Corcoran et al., 1977). В связи с этим, указанные антибиотики, вероятно, целесообразно использовать в селективной среде в сочетании друг с другом. Предварительные эксперименты показали отсутствие синергизма в действии ампициллина и тилозина в отношении *E. rhapontici*.

Тем не менее, в силу ограничения, заложенного методикой диско-диффузионного метода (инвариантность содержания антибиотиков), полученный результат не позволяет судить о том, в какой концентрации следует добавлять эти антибиотики в питательную среду для придания ей селективных свойств при изоляции *E. rhapontici*.

Определение значений необходимых концентраций представлено в результатах опыта с жидкой средой с расширенным спектром антибиотиков. На основе положительного результата, полученного диско-диффузионным методом для тилозина, ампициллина и некоторых других антибиотиков, они также были использованы для альтернативного метода анализа.

**Метод оценки чувствительности бактерий к антибиотикам в жидкой среде**

В результате проведения опыта отмечено, что индикатор ТТХ успешно выявляет развитие микроорганизмов в жидкой среде «Б», окрашивая ее в яркий красный цвет. При отсутствии роста микроорганизмов (т.е. прохождения

окислительно-восстановительных реакций), среда остается бесцветной, что наглядно демонстрировали отрицательные контроли.

На основании наблюдений за реакцией окрашивания жидких сред в опытных и контрольных вариантах вследствие добавления ТТХ, разработана простая балльная шкала оценки результатов (рис. 3).

Результаты применения метода с жидкими средами для определения устойчивости *Erwinia rhapontici* к антибиотикам представлены в Табл. 4.

**Рисунок 3.** Шкала оценки влияния антибиотиков на рост бактерий в жидкой среде с использованием 2,3,5-трифенилтетразолия хлористого.

Примечание: 0 – окраска отсутствует (отсутствует размножение бактерий), 1 – окраска средней интенсивности (отмечено частичное подавление размножения бактерий), 2 – окраска интенсивная (интенсивное размножение бактерий)

**Figure 3.** Scale for assessing the effect of antibiotics on bacterial growth in a liquid medium using 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride.

Note: 0 – no coloration (no bacterial reproduction), 1 – medium-intensity coloration (partial suppression of bacterial reproduction), 2 – intense coloration (intensive bacterial reproduction)

**Таблица 4.** Реакция *Erwinia rhapontici* на антибиотики в различных концентрациях при культивировании в жидкой среде «Б» с использованием 2,3,5-трифенилтетразолия хлористого в качестве индикатора роста**Table 4.** Reaction of *Erwinia rhapontici* to antibiotics at various concentrations when cultured in liquid medium “B” using 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride as a growth indicator

Антибиотик [Antibiotic]	Штамм VNIKR-B-0065 [Strain VNIKR-B-0065]			Штамм VNIKR-B-0102 [Strain VNIKR-B-0102]		
	Концентрации антибиотиков, мг/л [Concentrations of antibiotics, mg/l]					
Амоксициллин [Amoxicillin]	1	2	5	1	2	5
Ампициллин [Ampicillin]	0.1	0.5	1	0.1	0.5	1
Бацитрацин [Bacitracin]	25	50	100	25	50	100
Ванкомицин [Vancomycin]	0.01	0.05	0.1	0.01	0.05	0.1
Гентамицин [Gentamicin]	0.5	1	2.5	0.5	1	2.5
Касугамицин [Kasugamycin]	15	20	25	15	20	25
Неомицин [Neomycin]	1	2.5	5	1	2.5	5
Новобиоцин [Novobiocin]	2	2.5	5	2	2.5	5
Пенициллин G [Penicillin G]	2	3	5	2	3	5
Рифампицин [Rifampicin]	1	2	5	1	2	5
Стрептомицин [Streptomycin]	10	25	50	10	25	50
	0.5	1.25	2.5	0.5	1.25	2.5
Тетрациклин [Tetracycline]	10	25	50	10	25	50
	10	25	50	10	25	50
Тилозин [Tylosin]	50	100	200	50	100	200

Примечание: темно-серым цветом выделены варианты, для которых согласно балльной системе оценки установлено значение 2 – окраска интенсивная, интенсивное размножение бактерий (бактерия устойчива к антибиотику); светло-серым цветом отмечены варианты, для которых согласно балльной системе оценки установлено значение 1 – окраска средней интенсивности, отмечено частичное подавление размножения бактерий; без выделения цветом – варианты, для которых согласно балльной системе оценки установлено значение 0 – окраска отсутствует, отсутствует размножение бактерий (чувствительность к антибиотику).

Note: The dark gray color indicates the options for which, according to the point system, the value is 2 – intense coloration, intense bacterial growth (the bacterium is resistant to the antibiotic); the light gray color indicates the options for which, according to the point system, the value is 1 – moderate coloration, partial suppression of bacterial growth; and the color is not indicated – the options for which, according to the point system, the value is 0 – no coloration, no bacterial growth (the bacterium is sensitive to the antibiotic).

Отмечено интенсивное окрашивание в жидкой среде у обоих штаммов *E. rhapontici* на уровне положительного контроля при следующих концентрациях антибиотиков, указанных в Табл. 5.

Использование указанных антибиотиков в их максимальных определенных концентрациях (табл. 5) может быть применено для придания селективных свойств питательной среде для изоляции *E. rhapontici*.

В то же время, тест в жидкой среде показал значительные отличия в чувствительности к антибиотикам у двух использованных штаммов *E. rhapontici*. При концентрации ампициллина 0.5 мг/л штамм VNIKR-B-0065 демонстрировал снижение роста, в то время как у штамма VNIKR-B-0102 рост ингибировался только при концентрации 1 мг/л. У штамма VNIKR-B-0102 ингибирование роста в вариантах с концентрациями гентамицина ниже 2.5 мг/л не отмечено, в то время как размножение бактерий штамма VNIKR-B-0065 было заметно снижено при 1 мг/л, а при 2.5 мг/л рост полностью отсутствовал.

Бактерии *E. rhapontici* проявили высокую чувствительность к неомицину. В концентрации 5 мг/л, неомицин полностью подавлял рост обоих штаммов, а рост штамма VNIKR-B-0065 полностью ингибирован уже при 2.5 мг/л указанного антибиотика. Штамм VNIKR-B-0065 *E. rhapontici* демонстрировал среднюю устойчивость к новобиоцину в концентрации 5 мг/л и пенициллину G в

**Таблица 5.** Концентрации антибиотиков, при которых у обоих штаммов *Erwinia rhapontici* не зафиксировано ингибирование роста**Table 5.** Concentrations of antibiotics at which both strains of *Erwinia rhapontici* showed no inhibition of growth

Антибиотик [Antibiotic]	Концентрации в среде, мг/л [Concentrations in the medium, mg/l]
Амоксициллин [Amoxicillin]	5*
Ампициллин [Ampicillin]	0.1
Бацитрацин [Bacitracin]	100*
Ванкомицин [Vancomycin]	0.1*
Гентамицин [Gentamicin]	0.5
Касугамицин [Kasugamycin]	25*
Новобиоцин [Novobiocin]	2.5
Пенициллин G [Penicillin G]	3
Рифампицин [Rifampicin]	5
Стрептомицин [Streptomycin]	0.5
Тетрациклин [Tetracycline]	50
Тилозин [Tylosin]	50

Примечание: \*Возможно, штаммы могут игнорировать и большие концентрации указанных антибиотиков.

Note: \*It is possible that strains can ignore higher concentrations of these antibiotics.

концентрации 5 мг/л, в отличие от штамма VNIKR-B-0102, показавшим устойчивость в указанных вариантах.

Штамм VNIKR-B-0065 показал полную устойчивость к концентрациям рифампицина до 5 мг/л, но при 10 мг/л указанного антибиотика рост бактерий уже был частично ингибирован, а при 25 мг/л – полностью подавлен. Рост штамма VNIKR-B-0102 был частично ингибирован при 10 и 25 мг/л рифампицина, и полностью ингибирован при 50 мг/л.

### Заключение

В настоящем исследовании проведено определение устойчивости *E. rhapontici* к различным антибиотикам с применением диско-диффузионного метода и метода с использованием жидких сред.

В результате опыта, проведенного диско-диффузионным методом, можно сделать вывод о перспективности использования тилозина и ампициллина в составе селективной среды, поскольку с указанными антибиотиками зафиксирован наименьший радиус ингибирования роста целевой бактерии. Наибольшим ингибирующим воздействием на рост *E. rhapontici* обладали меропенем и энрофлоксацин.

Использование жидких сред позволило определить концентрации 9 из 13 испытанных антибиотиков, при которых ингибируется рост *E. rhapontici*. Установлена высокая устойчивость *E. rhapontici* к бацитрацину, ванкомицину, касугамицину, новобиоцину, тетрациклину и тилозину.

Доля устойчивых к тилозину бактерий, выделяемых из почвы и растений при отсутствии систематического применения этого антибиотика в животноводстве, составляет от 0.7 до 2.5 % (Onan, LaPara, 2003). В то же время, оценка частоты встречаемости природных изолятов фитопатогенных энтеробактерий восприимчивых к тетрациклину

Оба штамма *E. rhapontici* демонстрировали чувствительность к стрептомицину. В концентрациях 10 мг/л и выше рост обоих штаммов бактерии полностью ингибирован, а рост штамма VNIKR-B-0065 отсутствовал уже при 2.5 мг/л.

Штамм VNIKR-B-0065 демонстрировал чувствительность к тилозину в концентрациях выше 100 мг/л, в то время как штамм VNIKR-B-0102 был устойчив к указанному антибиотику в концентрациях до 200 мг/л.

составляет 70%, к ампициллину – 26%, амоксициллину – 21 % (Singh et al., 2021).

Различие в устойчивости между двумя штаммами *E. rhapontici* довольно высоко, что может быть связано с их биологическими особенностями. Штамм VNIKR-B-0065 изолирован из рябины в естественных условиях, что может объяснять повышенную чувствительность, в то время как штамм VNIKR-B-0102 изолирован с растения пшеницы, являющейся важной сельскохозяйственной культурой. Его повышенная устойчивость может объясняться длительным существованием в агробиоценозе, что иногда связано с воздействием различных антибактериальных средств, в том числе и антибиотиков. Данные результаты указывают на необходимость дополнительных тестирований большего разнообразия изолятов, выделенных как из сельскохозяйственных культур, так и из дикорастущих растений, чтобы иметь более точное представление об устойчивости *E. rhapontici* к антибиотикам.

Использование ампициллина (0.1 мг/л), бацитрацина (100 мг/л), ванкомицина (0.1 мг/л), касугамицина (25 мг/л), новобиоцина (2.5 мг/л), пенициллина G (3 мг/л), тетрациклина (50 мг/л) и тилозина (50 мг/л) может быть крайне эффективно при разработке селективной среды для изоляции *E. rhapontici*.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность старшему научному сотруднику ФГБУ «ВНИИКР» Дреновой Наталии Васильевне за предоставление для исследования штамма VNIKR-B-0065.

Работа выполнена в рамках Государственного задания, регистрационный номер ЕГИСУ НИОКТР 124022800050-6.

### Библиографический список (References)

- Авдеев ИС, Словарева ОЮ (2024) Устойчивость *Erwinia rhapontici* (Millard) Burkholder к антибиотикам. *Фитосанитария Карантин растений* 4SB (20C):5. <https://doi.org/10.69536/FKR.2024.75.31.001>
- Десятерик АА, Словарева ОЮ, Кононова ЕП (2023) Изоляция возбудителя бурой бактериальной гнили влагаллища листа злаковых культур *Pseudomonas fuscovaginae* из семян. *Фитосанитария Карантин растений* 4(16):67–76. <https://doi.org/10.69536/d2760-4051-0503-z>
- Дымнич АС, Глинская ЕВ (2022) Видовой состав микроорганизмов трофической цепи: озимая рожь – злаковая тля. *Изв Саратов ун-та Нов сер Сер: Химия Биология Экология* 22(1):99–109. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2022-22-1-99-109>
- Игнатова ИМ, Словарева ОЮ (2024) Оценка оптимизированного метода изоляции культуры *Xanthomonas translucens* из образцов пшеницы. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета* 6(110):15–24. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2024-110-6-15-24>
- Карабанова ОВ (2004) Разработка и испытание селективных питательных сред для культивирования *Actinobacillus pleuropneumoniae*. *Дисс ... к.вет.н.* Москва. 129 с.
- Лазарев АМ, Игнатов АН, Воронина МВ (2020) Бактериальный рак плодовых, ягодных и декоративных культур, вызываемый *Agrobacterium* spp. *Вестник защиты растений* 103(2):87–93. <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-2-13571>
- Семина НА, Сидоренко СВ, Стречунский ЛС (2004) МУК 4.2. 1890-0.4 Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам: методические указания. Москва: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России 18–40.
- Словарева ОЮ (2020) Выявление и идентификация возбудителей бактериальных болезней пшеницы и ячменя в России. *Независимые микробиологические исследования* 7(1):1–12. <https://doi.org/10.18527/2500-2236-2020-7-1-1-12>
- Adaskaveg JE, Förster H, Wade ML (2011) Effectiveness of kasugamycin against *Erwinia amylovora* and its potential use for managing fire blight of pear. *Plant Dis* 95(4):448–454. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-10-0679>

- Athalye M, Lacey J, Goodfellow M (1981) Selective isolation and enumeration of actinomycetes using rifampicin. *J Appl Microbiol* 51(2):289–297
- Born Y, Remus-Emsermann MNP, Bieri M, Kamber T et al (2016) Fe<sup>2+</sup> chelator proferrosamine A: a gene cluster of *Erwinia rhapontici* P45 involved in its synthesis and its impact on growth of *Erwinia amylovora* CFBP1430. *Microbiol* 162(2):236–245. <https://doi.org/10.1099/mic.0.000231>
- Campbell EA, Korzheva N, Mustaev A, Murakami K et al (2001) Structural mechanism for rifampicin inhibition of bacterial rna polymerase. *Cell* 104(6):901–12. [https://doi.org/10.1016/s0092-8674\(01\)00286-0](https://doi.org/10.1016/s0092-8674(01)00286-0)
- Canzani D, Aldeek F (2017) Penicillin G's function, metabolites, allergy, and resistance. *J Nutr Hum Health* 1(1):28–40
- Chaves BJ, Tadi P (2025) Gentamicin. *StatPearls* PMID: 32491482
- Corcoran JW, Huber MLB, Huber FM (1977) Relationship of ribosomal binding and antibacterial properties of tylosin-type antibiotics. *J Antibiot* 30(11):1012–1014. <https://doi.org/10.7164/antibiotics.30.1012>
- Darby EM, Trampari E, Siasat P, Gaya MS et al (2023) Molecular mechanisms of antibiotic resistance revisited. *Nat Rev Microbiol* 21(5):280–295
- De Beer EJ, Sherwood M.B (1945) The paper-disc agar-plate method for the assay of antibiotic substances. *J Bacteriol* 50(4):459–467
- De Miguel MJ, Marín CM, Muñoz PM, Dieste L et al (2011) Development of a selective culture medium for primary isolation of the main *Brucella* species. *JCM* 49(4):1458–1463. <https://doi.org/10.1128/jcm.02301-10>
- Donnelly LS, Hartman PA (1978) Gentamicin-based medium for the isolation of group D streptococci and application of the medium to water analysis. *Appl Environ Microbiol* 35(3):576–581
- Feistner G, Korth H, Ko H, Pulverer G et al (1983) Ferrerosamine A from *Erwinia rhapontici*. *Curr Microbiol* 8(4):239–243. <https://doi.org/10.1007/BF01579553>
- The R Foundation. <https://cloud.r-project.org/> (06.06.2025)
- Posit Software, PBC formerly RStudio, PBC. <https://posit.co/download/rstudio-desktop/> (06.06.2025)
- Huang HC, Erickson RS (2004) Impact of pink seed of pea caused by *Erwinia rhapontici* in Canada. *Plant Pathol Bull* 13(4):261–266
- Karunaratna I, Hapuarachchi T, Gunasena P, Ekanayake U et al (2024) Comprehensive Review of Amoxicillin: Indications, Mechanism of Action, and Clinical Application. Conference: Matala Clinical Pharmacology. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29682.31681>
- Kawanishi T, Shiraishi T, Okano Y, Sugawara K et al (2011) New Detection Systems of Bacteria Using Highly Selective Media Designed by SMART: Selective Medium-Design Algorithm Restricted by Two Constraints. *PLoS ONE* 6(1):e16512. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016512>
- Kneifel W, Leonhardt W (1992) Testing of different antibiotics against Gram-positive and Gram-negative bacteria isolated from plant tissue culture. *PCTOC* 29(2):139–144. <https://doi.org/10.1007/BF00033619>
- Lee SW (2022) Methods for testing statistical differences between groups in medical research: statistical standard and guideline of Life Cycle Committee. *LC* 2:e1. <https://doi.org/10.54724/lc.2022.e1>
- Luisetti J, Rapilly F (1967) Sur une altération d'origine bactérienne des graines de blé. *Ann Epiphyt Phytogenet* 18:483–493
- Luzzatto L, Apirion D, Schlessinger D (1968) Mechanism of action of streptomycin in *E. coli*: interruption of the ribosome cycle at the initiation of protein synthesis. *PNAS* 60(3):873–880. <https://doi.org/10.1073/pnas.60.3.873>
- McMullen MP, Stack RW, Miller JD, Bromel MC et al (1984) *Erwinia rhapontici*, a bacterium causing pink wheat kernels. *PROC N D ACAD SCI* 38(38):78
- Myers DM, Varela-Díaz VM (1973) Selective isolation of leptospiras from contaminated material by incorporation of neomycin to culture media. *Appl Microbiol* 25(5):781–786. <https://doi.org/10.1128/am.25.5.781-786.1973>
- Nguyen F, Starosta AL, Arenz S, Sohmen D et al (2014) Tetracycline antibiotics and resistance mechanisms. *Biol Chem* 395(5):559–575. <https://doi.org/10.1515/hsz-2013-0292>
- Onan LJ, LaPara TM (2003) Tylosin-resistant bacteria cultivated from agricultural soil. *FEMS Microbiol Lett* 220(1):15–20. [https://doi.org/10.1016/S0378-1097\(03\)00045-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1097(03)00045-4)
- Peechakara BV, Basit H, Gupta M (2023) Ampicillin. *StatPearls*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK519569/> (05.03.2025)
- Restaino L, Grauman GS, McCall WA, Hill WM (1977) Effects of varying concentrations of novobiocin incorporated into two *Salmonella* plating media on the recovery of four Enterobacteriaceae. *Appl Environ Microbiol* 33(3):585–589. <https://doi.org/10.1128/aem.33.3.585-589.1977>
- Schroeder BK, Lupien SL, Dugan FM (2002) First report of pink seed of pea caused by *Erwinia rhapontici* in the United States. *Plant Dis* 86(2):188. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.2.188A>
- Schuwirth BS, Day JM, Hau CW, Janssen GR et al (2006) Structural analysis of kasugamycin inhibition of translation. *Nat Struct Mol Biol* 13(10):879–886
- Shigei J, Tan G, Shiao A, de la Maza LM et al (2002) Comparison of two commercially available selective media to screen for vancomycin-resistant enterococci. *Am J Clin Pathol* 117(1):152–155. <https://doi.org/10.1309/TWY5-04QE-9KV0-52MT>
- Singh BR, Sinha DK, Rajendar VO, Pawde AM et al (2021) Antimicrobial susceptibility of *Erwinia* and *Pectobacterium* associated with infections and diseases in humans, animals and birds. Technical Report N Clin./Epid./ICAR-IVRI/03/2021 <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34346.95688>
- Simon A, Ridge EH (1974) The use of ampicillin in a simplified selective medium for the isolation of fluorescent pseudomonads. *J Appl Microbiol* 37(3):459–460. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1974.tb00464.x>
- Slovareva OY, Avdeev IS, Iaremko AB, Panchenko KV (2025) Characteristics of the strain VNIKR-B-0035 *Erwinia rhapontici* isolated from common barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Health and Quarantine* (4):44–53. <https://doi.org/10.69536/FKR.2025.46.28.005>
- Smith DH, Davis BD (1967) Mode of action of novobiocin in *Escherichia coli*. *J Bacteriol* 93(1):71–79. <https://doi.org/10.1128/jb.93.1.71-79.1967>
- Smith JL, Weinberg ED (1962) Mechanisms of antibacterial action of bacitracin. *Microbiol* 28(3):559–569
- Sodhi KK, Kumar M, Balan B, Dhulaniya AS et al (2020) Isolation and characterization of amoxicillin-resistant bacteria and amoxicillin-induced alteration in its protein



- profiling and RNA yield. *Arch Microbiol* 202(2):225–232. <https://doi.org/10.1007/s00203-019-01737>
- Thornberry HH (1950) A paper-disk plate method for the quantitative evaluation of fungicides and bactericides. *Phytopathol* 40(5):419–429
- Veirup N, Kyriakopoulos C (2025) Neomycin. In: StatPearls <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560603/> (05.03.2025)
- Wilhelm MP (1991) Vancomycin. *Mayo Clin Proc* 66(11):1165–1170

### Translation of Russian References

- Avdeev IS, Slovareva OY (2024) Resistance of *Erwinia rhapontici* (Millard) Burkholder to antibiotics. *Plant Health and Quarantine* 4SB(20C):5 (In Russian) <https://doi.org/10.69536/FKR.2024.75.31.001>
- Desyaterik AA, Slovareva OY, Kononova EP (2023) Isolation of sheath brown rot pathogen *Pseudomonas fuscovaginae* from seeds. *Plant Health and Quarantine* 4(16):67–76 (In Russian) <https://doi.org/10.69536/d2760-4051-0503-z>
- Dymnich AS, Glinskaya EV (2022) Species composition of microorganisms in the trophic chain: winter rye – cereal aphid. *Izv Sarat Univ Chemistry Biology Ecology* 22(1):99–109 (In Russian) <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2022-22-1-99-109>
- Ignatyeva IM, Slovareva OY (2024) Evaluation of optimized *Xanthomonas translucens* culture isolation method from wheat samples. *Izvestia Orenburg State Agrarian University* 6(110):15–24. (In Russian) <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2024-110-6-15-24>
- Karabanova OV (2004) Development and Testing of Selective Nutrient Media for the Cultivation of *Actinobacillus pleuropneumoniae*. Diss. ... Cand. Sci. (Veterinary). Moscow. 129 p. (In Russian)
- Lazarev AM, Ignatov AN, Voronina MV (2020) Crown gall disease of fruit trees, berry plants and ornamentals caused by *Agrobacterium* spp. *Plant Protection News* 103(2):87–93 (In Russian) <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-2-13571>
- Semina NA, Sidorenko SV, Strachunskiy LS (2004) MUK 4.2. 1890-0.4 Determination of the Sensitivity of Microorganisms to Antibacterial Drugs: Methodological Guidelines. Moscow: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Russian Ministry of Health 18–40 (In Russian)
- Slovareva OY (2020) Detection and identification of wheat and barley phytopathogens in Russia. *MIR Journal* 7(1):1–12 (In Russian) <https://doi.org/10.18527/2500-2236-2020-7-1-1-12>

Plant Protection News, 2025, 108(4), p. 245–254

OECD+WoS: 1.06+QU (Microbiology), 4.01+AH (Agriculture, Multidisciplinary)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-4-17334>

Full-text article

## ASSESSMENT OF ANTIBIOTIC RESISTANCE IN *ERWINIA RHAPONTICI*, THE CAUSAL AGENT OF PINK GRAIN OF CEREALS

I.S. Avdeev<sup>1,2</sup>, A.N. Ignatov<sup>2</sup>, O.Y. Slovareva<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Plant Quarantine Center (FGBU “VNIKR”), Bykovo, Russia

<sup>2</sup>RUDN University, Moscow, Russia

\*corresponding author, e-mail: slovareva.olga@gmail.com

The opportunistic bacterium *Erwinia rhapontici* causes pink bacteriosis of wheat and rye grain, significantly reducing the quality of grain products and limiting grain export. Isolation of pure bacterial culture is necessary for effective diagnostics, required for disease prevention. Presence of *E. rhapontici* in infected plants as a part of bacterial complex, requires selective factors, such as antibiotics. Resistance of *E. rhapontici* strains VNIKR-B-0065 from *Sorbus aucuparia* and VNIKR-B-0102 from *Triticum durum* to various antibiotics was determined. When using disks with antibiotics, the lowest inhibition level of the bacterial growth was noted in the cases of tylosin and ampicillin, which makes them promising for the selective medium. Enrofloxacin, ceftazidime, amikacin, ciprofloxacin, meropenem, cefoperazone and tetracycline statistically significantly inhibited the growth of *E. rhapontici*. Meropenem and enrofloxacin suppressed the growth of the pathogen the most. In liquid medium with 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride (standard indicator of the oxidation-reduction reaction), antibiotics promising for use in the selective nutrient medium were determined and their optimal concentrations that do not affect the growth of the target bacteria were established. These are ampicillin 0.1 mg/L, bacitracin 100 mg/L, vancomycin 0.1 mg/L, kasugamycin 25 mg/L, novobiocin 2.5 mg/L, penicillin G 3 mg/L, tetracycline 50 mg/L, and tylosin 50 mg/L. A quantitative difference in antibiotic resistance was noted between the two strains of *E. rhapontici*, which may be due to their specific genetic properties. The results obtained laid the foundation for the study of a large number of *E. rhapontici* isolates to develop the final composition of the selective medium.

**Keywords:** bacteriosis of grain crops, isolation of bacteria, selective media, phytosanitary requirements, plant quarantine, diagnosis

Submitted: 03.09.2025

Accepted: 05.12.2025



## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ ВИДА *AKANTHOMYCES MUSCARIUS* ДЛЯ ЗАЩИТЫ ТОМАТА ОТ ВРЕДИТЕЛЕЙ И БОЛЕЗНЕЙ

А.А. Чоглокова\*, Г.В. Митина, М.А. Черепанова

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

\*ответственный за переписку, e-mail: [4oglik@inbox.ru](mailto:4oglik@inbox.ru)

В работе оценена эффективность энтомопатогенного гриба вида *Akanthomyces muscarius* против оранжерейной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* и возбудителя серой гнили *Botrytis cinerea*. Установлено, что при предварительной обработке листьев томатов конидиями двух изученных штаммов вида *A. muscarius*, площади поражения серой гнилью были меньше. Наибольшее сдерживающее воздействие на развитие серой гнили отмечено для штамма VI 61. Этот же штамм при обработке целых растений томатов наиболее эффективно подавлял развитие заболевания на 4 сутки, и в дальнейшем растения развивались на уровне контрольных. При заражении листьев томата *B. cinerea*, предварительно заселенных *T. vaporariorum*, смертность белокрылки от обработки спорами VI 61 составила 69% на 4-е сутки, что на 50% выше, чем в отсутствие *B. cinerea*. Эффективность *A. muscarius* в отношении фитопатогена в присутствии личинок белокрылки была существенно ниже, чем на незаселенных белокрылкой растениях. С помощью флуоресцентной микроскопии доказаны гиперпаразитические свойства *A. muscarius* в отношении *B. cinerea* и установлено, что при совместном росте штамма VI 61\* (меченого флуоресцентной меткой) и возбудителя серой гнили на агаризованной среде гифы ЭПГ обвивают гифы *B. cinerea*, и проникают внутрь, разрастаются и выходят наружу, разрушая клеточные стенки фитопатогена. Полученные результаты позволяют говорить о перспективности применения штамма VI 61 вида *A. muscarius* для защиты томатов от *B. cinerea* и *T. vaporariorum*.

**Ключевые слова:** *Lecanicillium*, биопестициды, гиперпаразитизм, *Botrytis cinerea*, *Trialeurodes vaporariorum*

Поступила в редакцию: 17.10.2025

Принята к печати: 02.12.2025

### Введение

Томат *Solanum lycopersicum* L. – это экономически важная продовольственная культура, подверженная поражению вредителями и фитопатогенными грибами (ФПГ). Для получения высоких урожаев экологически чистой продукции необходимо грамотное использование средств защиты растений, направленное на снижение химической нагрузки на агроценоз. С этой целью перспективно применение энтомопатогенных грибов (ЭПГ) с комплексной активностью в качестве регуляторов численности фитофагов томата и антагонистов возбудителей болезней.

Грибы близкородственных родов *Akanthomyces* и *Lecanicillium* выступают в качестве природных патогенов насекомых из отряда Hemiptera (Hall, 1981). Также известна их способность паразитировать на нематодах, растительноядных клещах, пауках (Goettel et al., 2008). ЭПГ служат продуцентами микробиологических препаратов (Faria, Wraight, 2007; Артюшкина и др., 2023).

Неоспоримое преимущество этих аскомицетов заключается в способности к гиперпаразитированию на фитопатогенных грибах (ФПГ) в отсутствие насекомого-хозяина. Давно известен микопаразитизм ЭПГ в отношении ржавчинных грибов (Heintz, Blauch, 1990; Spencer, Atkey, 1981). Множество исследований направлено на изучение этого процесса в отношении мучнисто-росяных и других

ФПГ (Kim et al., 2008; Vandermeer et al., 2009; Zewdie et al., 2021).

Антагонистическая активность грибов родов *Akanthomyces* и *Lecanicillium* установлена в лабораторных условиях в отношении таких ФПГ, как *Alternaria solani* Sorauer, *Botrytis cinerea* Pers., *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn, *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., *Phytophthora alni* Brasier & S.A.Kirk (Янковская и др., 2013). Они также подавляют *Penicillium digitatum* (Pers.) Sacc. (Benhamou, Brodeur, 2000), *Fusarium spp.* (Koike et al., 2007), *Verticillium dahlia* Kleb. (Kusunoki et al., 2006) и *Pythium ultimum* Trow (Benhamou, Brodeur, 2001).

Гриб *Akanthomyces muscarius* (Petch) Spatafora, Kepler & B. Shrestha (бывш. *Lecanicillium muscarium*) угнетал рост *R. solani* (Angela, Nicoletti, 2010) и подавлял в лабораторных условиях *P. ultimum*, *R. solani*, *Fusarium oxysporum* Schltdl., *Verticillium alboatrum* Reinke & Berthold и *P. digitatum* (Askary et al., 2008). *A. muscarius* обладал высокой вирулентностью в отношении личинок южного походного шелкопряда *Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiff. и умеренной антагонистической активностью в отношении ФПГ *Fusarium spp.* и *Cochliobolus lunatus* Nelson & Haasis (бывш. *Curvularia lunata*) при росте на чашках (Saidi et al., 2023).

Представители видов *Akanthomyces dipterigenus* (Petch) Spatafora, Kepler, Zare & B. Shrestha (бывш. *Lecanicillium longisporum*) и *Akanthomyces attenuatus* (Zare & W. Gams) Spatafora, Kepler & B. Shrestha (бывш. *Lecanicillium attenuatum*) были эффективны против трех видов тлей и возбудителя мучнистой росы огурца *Podosphaera fuliginea* (Schltld.) U. Braun & S. Takam (бывш. *Sphaerotheca fuliginea*) в закрытом грунте (Kim et al., 2007).

Запатентован штамм *L. muscarius*, обладающий инсектоакарицидной и антибиотической активностью для борьбы с сосущими вредителями и возбудителями болезней растений (Митина и др., 2016). Тем не менее, препараты с комплексной активностью на основе энтомопатогенных грибов не зарегистрированы (Реестр пестицидов ..., 2025). Целью нашей работы было оценить перспективы применения ЭПГ вида *A. muscarius* в качестве агента двойного биологического контроля на растениях томата.

## Материалы и методы

### Штаммы *Akanthomyces muscarius*

#### и их культивирование

Штаммы VI 21, VI 61, Г-033 ВИЗР вида *Akanthomyces muscarius* отобраны из Государственной коллекции микроорганизмов, патогенных для растений и их вредителей, поддерживаемой в ФГБНУ ВИЗР (WFCC WDCM №760, УНО) как высоковирулентные и обладающие антагонистической активностью в отношении ФПГ (Chogloкова et al., 2024). Штамм VI 21 выделен из оранжевой белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Московская область), VI 61 – из урединиопустул *Phragmidium* sp. на малине (Краснодарский край, Мостовской район), Г-033 ВИЗР – из жимолостной белокрылки *Aleyrodes lonicerae* Walker (Московская область). Грибы выращивали на агаризованной среде Чапека с дрожжевым экстрактом (состав, г/л дистиллированной воды: сахароза 20, дрожжевой экстракт 1, агар 20, KCl 0.5,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  1.0,  $\text{MgSO}_4$  0.5,  $\text{NaNO}_3$  2.0) в чашках Петри при температуре 26 °C в течение 10 суток для получения конидий.

### Эффективность *Akanthomyces muscarius*

#### в отношении *Botrytis cinerea*

Настоящие листья томатов *Solanum lycopersicum* 2–3 яруса отделяли от растения и раскладывали на увлажненную вату в чашки Петри адаксиальной стороной вверх. Доли настоящих листьев обрабатывали опрыскиванием суспензией конидий штаммов *A. muscarius* с концентрацией  $1 \times 10^7$  спор/мл в 0.01 %-ном растворе Твин-80. После подсушивания в течение 1 часа на листовую пластину наносили суспензию *B. cinerea* в концентрации  $1 \times 10^6$  спор/мл в 0.1 %-ном растворе Твин-80, содержащем 1 мг/мл сахарозы каплями объемом 15 мкл в нескольких местах каждой доли листа (Sarven et al., 2020). На 2 и 4 сутки сравнивали площади поражений листа фитопатогеном с обработкой *A. muscarius* и без нее. Опыт ставили в 5 повторностях.

Целые растения возрастом 3 недели последовательно опрыскивали суспензией спор ЭПГ с концентрацией  $1 \times 10^7$  спор/мл в 0.01 %-ном растворе Твин-80 до полного смачивания листовой пластины, а затем после высыхания каплей – суспензией *B. cinerea* в концентрации  $1 \times 10^6$  спор/мл в 0.1 %-ном растворе Твин-80, содержащем 1 мг/мл сахарозы.

Растения помещали в высокие пластиковые прозрачные контейнеры, на дно которых наливали воду для создания повышенной влажности. Контейнеры закрывали

крышкой и оставляли при 12-часовом световом дне. Схема опыта включала в себя 1) контроль; 2) растения, обработанные *B. cinerea*; 3) растения, обработанные ЭПГ и *B. cinerea*.

Развитие симптомов заболевания оценивали на 2 и 4 день после заражения по шкале от 0 до 4, где 0 – отсутствие симптомов; 1 – степень поражения растения 1–25 %; 2 – 26–50 %; 3 – 51–75 %; 4 – 76–100 % (Köhl et al., 2020). Опыт ставили в 5 повторностях.

### Эффективность *Akanthomyces muscarius*

#### в отношении *Botrytis cinerea* и личинок белокрылки

Для получения личинок оранжевой белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera, Aleyrodidae) одного возраста использовали лабораторную популяцию, которую содержали при температуре  $22 \pm 1$  °C и 16-ти часовом световом дне на растениях фасоли *Phaseolus vulgaris* L. Имаго белокрылки заселяли растения томатов с 4–5 настоящими листьями и оставляли на сутки для откладки яиц, после чего имаго удаляли с растений. Изолированные листья томатов, заселенные личинками 2 возраста, обрабатывали суспензией конидий штамма VI 61 с титром  $1 \times 10^7$  спор/мл в 0.01 %-ном растворе Твин-80 окунанием на 5 с и после высушивания наносили споровую суспензию фитопатогена каплями как описано выше. Для оценки эффективности ЭПГ в отношении *B. cinerea* проводили учет размера пятен, вызванных воздействием фитопатогена на 2 и 8 сутки после обработки ЭПГ и *B. cinerea*.

Вирулентность грибов определяли как процент смертности личинок белокрылки на 4 и 7 сутки после обработки (Митина и др., 2020).

### Гиперпаразитические свойства

#### *Akanthomyces muscarius*

Изучение процесса гиперпаразитизма ЭПГ в отношении *B. cinerea* было проведено со штаммом VI 61\*, трансформированным и меченым флуоресцентным белком (GFP). Трансформант штамма VI 61\* был получен по разработанному методу (Timofeev et al., 2019). Зону контакта мицелиев и взаимодействие гиф фитопатогена и ЭПГ при совместном росте на чашке с агаризованной средой Чапека изучали с помощью флуоресцентного микроскопа AxioImager M1.

### Статистический анализ

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью метода однофакторного анализа ANOVA (SigmaPlot версия 12.5 Systat Software). Для определения

нормальности распределения использовали тест Шапиро-Вилка (Shapiro-Wilk). При ненормальном распределении использовали тест Краскала-Уоллиса (Kruskal-Wallis) или Данна (Dunn's).

### Результаты и обсуждение

#### Эффективность *Akanthomyces muscarius* в отношении *Botrytis cinerea*

В опытах на отдельных листьях томатов на 2-е сутки после обработки штаммами VI 21 и VI 61 не выявлено влияния ЭПГ на площадь поражения томатов серой гнилью. А площадь поражения листьев в опыте со штаммом Г-033 ВИЗР была достоверно больше, чем в контроле (обработка только спорами *B. cinerea*) (рис. 1). На 4-е сутки при обработке спорами VI 61, площадь пятен, вызванных *B. cinerea*, была достоверно меньше, чем без обработки. Другие штаммы не влияли на размер пятен (рис. 2).

На поверхности некротических пятен наблюдалось спороношение *B. cinerea* и рост мицелия ЭПГ на фитопатогене для всех изученных штаммов.

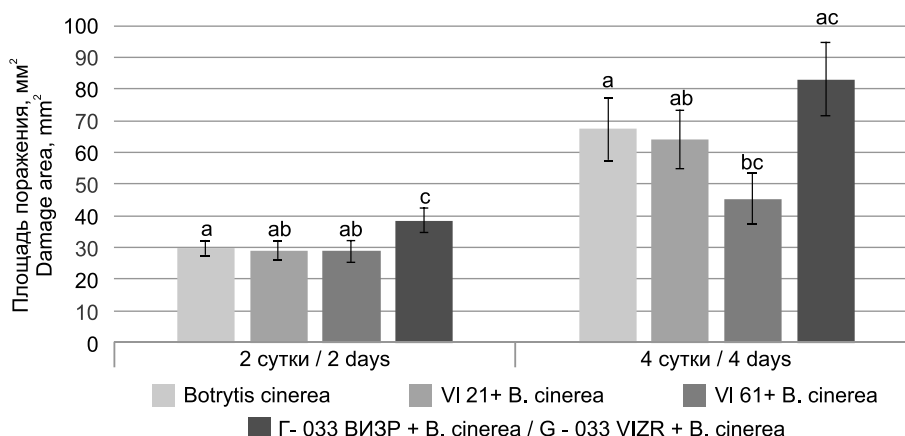
При заражении 3х-недельных растений томатов *B. cinerea* с предварительной обработкой ЭПГ, только штамм VI 61 показал эффективность в отношении фитопатогена

в сравнении с обработкой другими штаммами (различия достоверны) (рис. 3).

У растений, обработанных конидиями VI 61, с последующей инокуляцией *B. cinerea*, на 2-е сутки после обработки не было отмечено повреждений фитопатогеном, в то время как для VI 21, Г-033 ВИЗР и при отсутствии обработки ЭПГ наблюдали образование на 2-е сутки и увеличение некротических пятен к 4-м суткам, очагов спороношения *B. cinerea* на пятнах некроза (рис. 4). В опыте с VI 61 на 4-е сутки регистрировали появление точечных поражений на стеблях и небольших пятен серой гнили на поверхности листа.

При дальнейшем наблюдении за растениями наблюдалось торможение развития томатов для всех вариантов кроме VI 61, растения в котором развивались на уровне, близком к контрольному варианту (рис. 5).

Таким образом, штамм VI 61 обладал наибольшей антагонистической активностью в отношении возбудителя



**Рисунок 1.** Влияние предварительной обработки листьев томата штаммами *Akanthomyces muscarius* на площадь поражения *Botrytis cinerea* (оценка различий проведена между вариантами на 2 и 4 сутки). Указано среднее значение и стандартная ошибка. Разными буквами отмечены варианты, где различия между ними достоверны

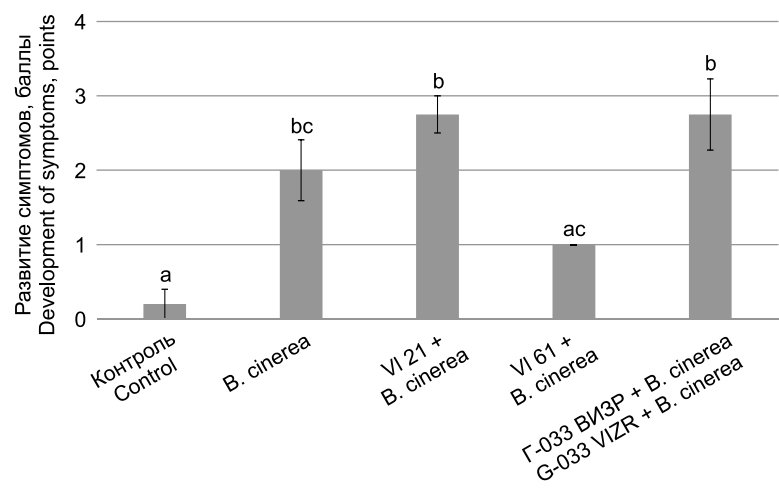
**Figure 1.** Effect of preliminary treatment of leaves with EPF on the area affected by *Botrytis cinerea* (the differences were assessed between the variants on days 2 and 4). Mean value and standard error are indicated. Different letters indicate the variants where the differences between them are reliable



**Рисунок 2.** Характер поражения листьев, вызванных *Botrytis cinerea* на 4-е сутки

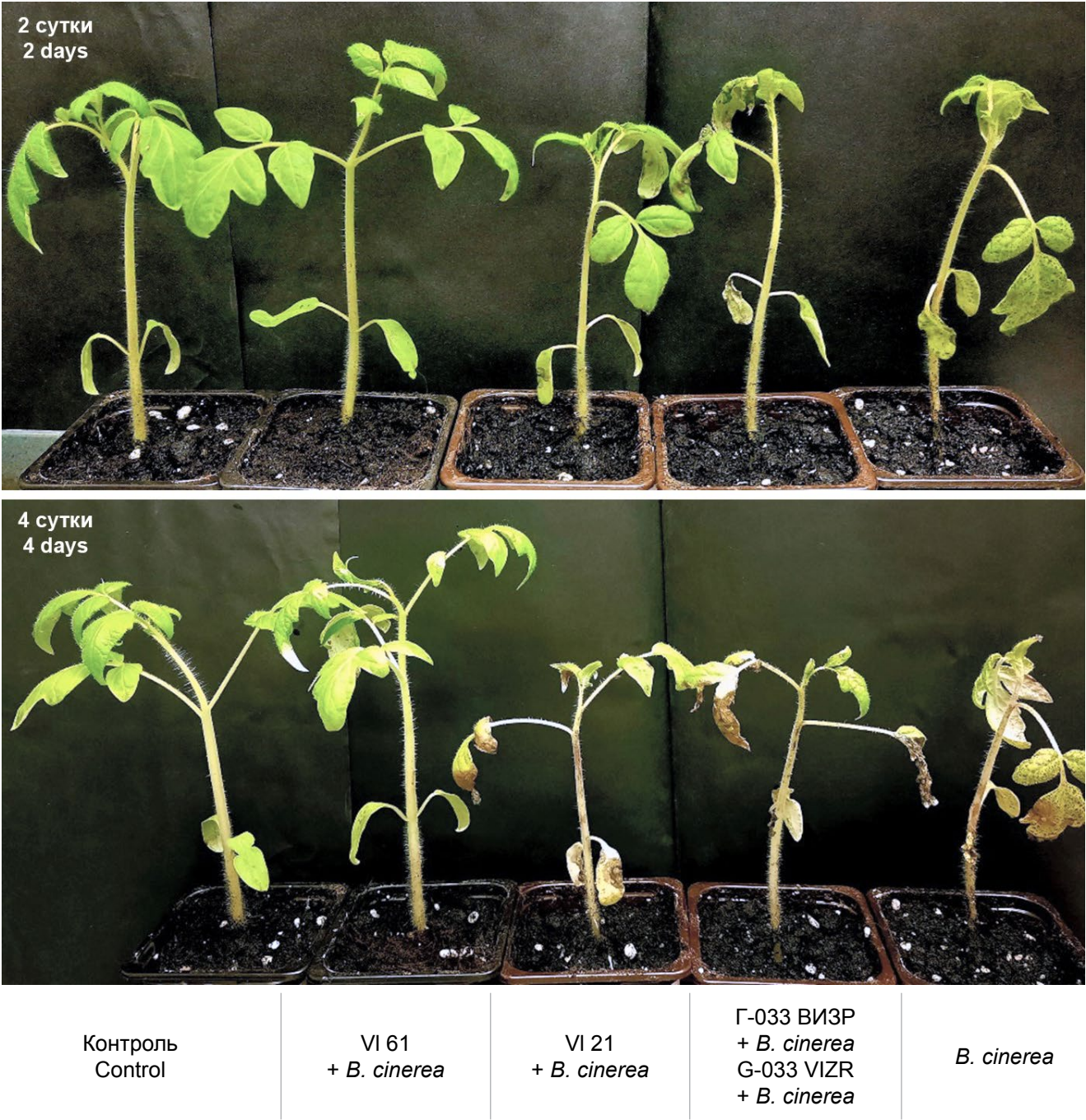
**Figure 2.** Features of leaf damage caused by *Botrytis cinerea* on the 4th day





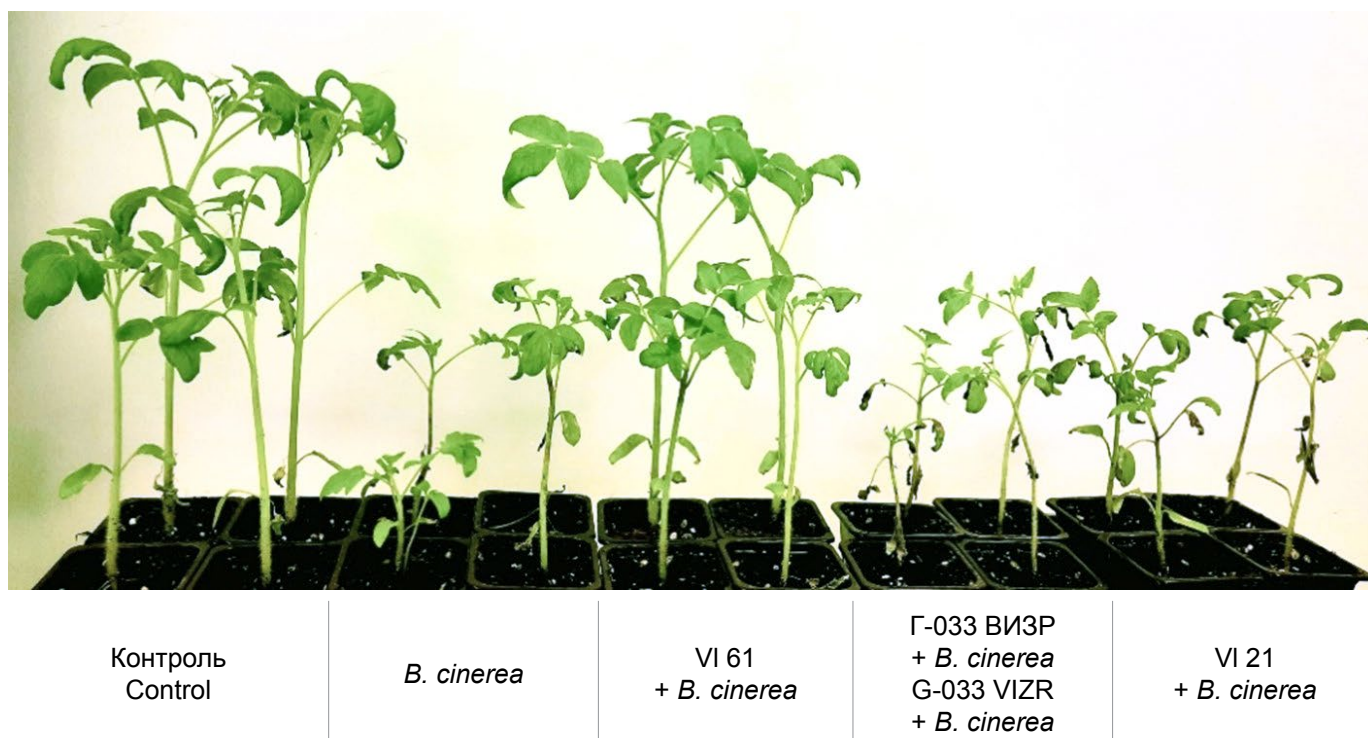
**Рисунок 3.** Влияние предварительной обработки растений томата штаммами *Akanthomyces muscarius* на степень развития симптомов, вызванных *Botrytis cinerea*, на 4 сутки. Указано среднее значение и стандартная ошибка. Разными буквами отмечены варианты, где различия между ними достоверны

**Figure 3.** The effect of preliminary treatment of tomato plants with *Akanthomyces muscarius* strains on the degree of damage caused by *Botrytis cinerea*. Mean value and standard error are indicated. Different letters indicate the variants where the differences between them are reliable



**Рисунок 4.** Влияние предварительной обработки растений штаммами *Akanthomyces muscarius* при заражении *Botrytis cinerea*

**Figure 4.** The effect of preliminary treatment of plants with *Akanthomyces muscarius* strains on infection with *Botrytis cinerea*



**Рисунок 5.** Влияние предварительной обработки растений штаммами *Akanthomyces muscarius* при заражении *Botrytis cinerea* на 9-е сутки

**Figure 5.** The effect of preliminary treatment of plants with *Akanthomyces muscarius* strains on infection with *Botrytis cinerea* on the 9th day

серой гнили в вегетационных опытах на отдельных листьях и растениях томатов. Штаммы VI 21, Г-033 ВИЗР не оказали видимого защитного эффекта от ФПГ в опытах *in planta*, хотя они подавляли *B. cinerea* на агаризованных средах.

Возможно, такая активность штамма VI 61 связана с тем, что VI 61 выделен из урединиопустул ржавчинного гриба *Phragmidium sp.*, а остальные штаммы – из насекомых.

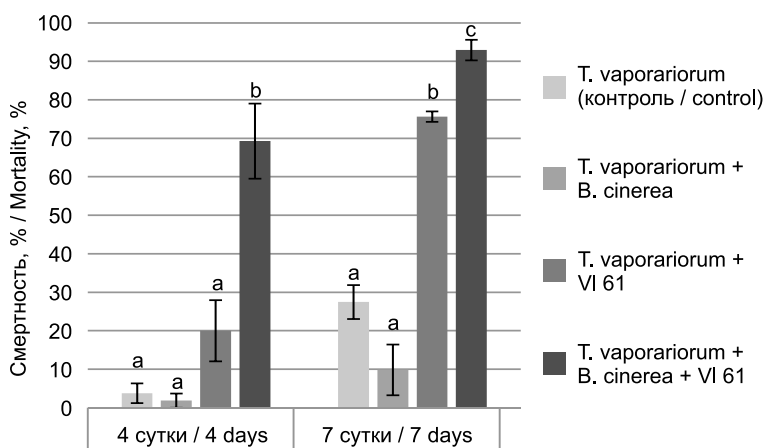
#### Эффективность *Akanthomyces muscarius* в отношении фитопатогена и фитофага при их одновременном присутствии на растении

Листья томатов, заселенные личинками белокрылки, обрабатывали суспензией конидий VI 61 с последующим нанесением на эти же листья спор гриба *B. cinerea*. В результате смертность белокрылки от заражения ЭПГ была на 50% выше на 4-е сутки, чем в отсутствие *B. cinerea* и

составила 69%. Различия на 7-е сутки были менее выражены – смертность белокрылки была на 18% больше в присутствии фитопатогена (рис. 6).

Эффективность VI 61 в отношении *B. cinerea* на листьях, заселенных личинками белокрылки, была существенно ниже по сравнению с его эффективностью против *B. cinerea* без белокрылки на 2 и 8 сутки (рис. 7).

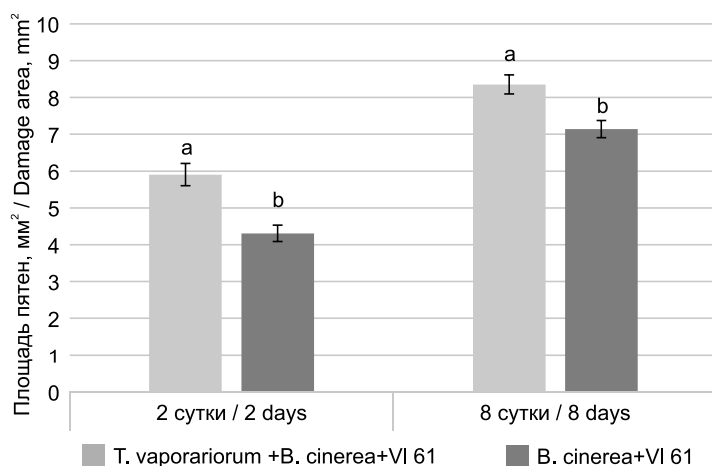
При этом в присутствии личинок белокрылки гиперпаразитические свойства ЭПГ в отношении фитопатогенных грибов были выражены слабее, а площадь пятен больше. Развитию некрозов листьев, вероятно, способствовали повреждения листьев, вызванные питанием личинок белокрылки. Таким образом, наши исследования показали, что при двойной инфекции обработка ЭПГ приводит к увеличению смертности белокрылки, но при этом эффективность защиты от серой гнили снижается. Сопоставление полученных результатов по эффективности гриба



**Рисунок 6.** Смертность оранжерейной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* при обработке грибом *Akanthomyces muscarius*, штамм VI 61, в том числе в присутствии *Botrytis cinerea*. Указано среднее значение и стандартная ошибка. Разными буквами отмечены варианты, где различия между ними достоверны

**Figure 6.** Mortality of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* due to treatment with *Akanthomyces muscarius*, штамм VI 61, including in the presence of *Botrytis cinerea*. Mean value and standard error are indicated. Different letters indicate the variants where the differences between them are reliable





**Рисунок 7.** Эффективность VI 61 в отношении *Botrytis cinerea* на листьях томатов, заселенных оранжерейной белокрылкой *Trialeurodes vaporariorum* (оценка достоверности различий проведена между вариантами на 2 и 8 сутки учета). Указано среднее значение и стандартная ошибка. Разными буквами отмечены варианты, где различия между ними достоверны

**Figure 7.** Efficacy of VI 61 against *Botrytis cinerea* on tomato leaves infested with the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (the differences were assessed between the variants on days 2 and 8). Mean value and standard error are indicated. Different letters indicate the variants where the differences between them are reliable

*A. muscarius* позволяет предположить, что при одновременном присутствии на растении белокрылки и *B. cinerea* ЭПГ проявляют свои патогенные свойства в первую очередь в отношении насекомых.

Сведения о применении микромицетов при одновременном заражении растений вредителями и возбудителями болезней единичны. Ким с соавторами (Kim et al., 2010) оценивали эффективность гриба *L. longisporum* (Vertalec®) в отношении хлопковой тли *Aphis gossypii* Glover и мучнистой росы *Podosphaera fuliginea* (Schldt.) Braun & S. Takam. (бывш. *Sphaerotheca fuliginea*) на огурцах в тепличных условиях. Исследователями не выявлены различия в активности ЭПГ в отношении фитофага и фитопатогена при совместном заражении в сравнении с применением *L. longisporum* против этих объектов по отдельности.

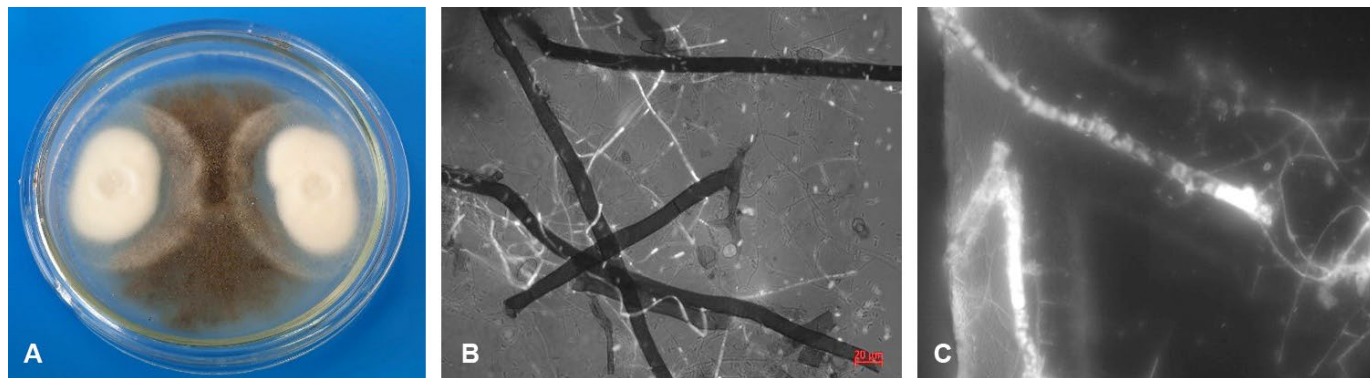
Большинство исследователей делают вывод о потенциале различных видов ЭПГ как агентов двойного биоконтроля на основе лабораторных экспериментов или опытов на растениях, где ЭПГ проявляют активность в отношении вредных насекомых и отдельно против ФПГ на агаризованных средах (Lozano-Tovar et al., 2013; Yun et al., 2017; Aguilera-Sammaritano et al., 2021; Kang et al., 2018).

#### Гиперпаразитические свойства *Akanthomyces muscarius*

Более детально гиперпаразитические свойства ЭПГ изучены при совместном росте штамма VI 61\* (меченого

флуоресцентной меткой) и возбудителя серой гнили *B. cinerea* на агаризованной среде. Вокруг колонии VI 61\* формировалась зона отсутствия роста *B. cinerea*, а затем наблюдалось нарастание энтомопатогена на мицелий фитопатогена (рис. 8А). При изучении зоны контакта мицелиев с помощью флуоресцентного микроскопа установлено, что гифы ЭПГ обвивают гифы *B. cinerea* и проникают внутрь, разрастаются и выходят наружу, разрушая клеточные стенки (рис. 8В, С).

По нашим наблюдениям, штаммы *A. muscarius* Г-033 ВИЗР и VI 61 проявляют гиперпаразитические свойства в отношении возбудителя ржавчины роз *Phragmidium* sp. Также выявлена способность этих аскомицетов проникать в урединиоспоры и подавлять развитие возбудителя бурой ржавчины пшеницы *Puccinia recondita* Dietel & Holw. Эти данные согласуются с аналогичными исследованиями. В частности, изучен гиперпаразитизм *Akanthomyces lecanii* (Zimm.) Spatafora, Kepler & Shrestha в отношении возбудителя ржавчины арахиса *Puccinia arachidis* Speg. Авторы регистрировали те же этапы развития инфекции на урединиоспорах фитопатогена под фотонным и электронным микроскопами (Nana et al., 2023). Этот же вид ЭПГ снижал заболеваемость дыни мучнистой росой тыквенных культур *Podosphaera fusca* (Fr.) Braun & Shishkoff (бывш. *Sphaerotheca fusca*) до 90 % при нанесении на растения конидий *A. lecanii* на ранних стадиях заражения фитопатогеном. С помощью световой и сканирующей электронной



**Рисунок 8.** Гиперпаразитические свойства штамма VI 61\* в отношении возбудителя серой гнили *Botrytis cinerea*: А – совместный рост VI 61\* и *Botrytis cinerea* на агаризованной среде; В, С – флуоресцентная + световая микроскопия

**Figure 8.** Hyperparasitic properties of strain VI 61\* in relation to the causative agent of gray mold *Botrytis cinerea*: А – joint growth of VI 61\* and *Botrytis cinerea* on agar medium; В, С – fluorescence + light microscopy



микроскопии (СЭМ) выявлены морфологические изменения ФПГ, такие как деформация гиф и сморщивание конидиеносцев и конидий. Также выявлено проникновение микопаразита в гифы, конидиеносцы и конидии *P. fusca* (Romero et al., 2003).

Арктический штамм *L. muscarium* проявил микопаразитизм в отношении *Mucor mucedo* L., *B. cinerea*, *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp и *Phytophthora palmivora* Butler. С помощью световой и сканирующей электронной микроскопии наблюдалось оплетение гиф ЭПГ вокруг гиф фитопатогена, их полное разрушение и обильное спороношение *L. muscarium* (Fenice and Gooday, 2006).

Таким образом, для наиболее активного штамма VI 61 с помощью флуоресцентной микроскопии доказаны его гиперпаразитические свойства в отношении возбудителя серой гнили *B. cinerea*, что позволяет его использовать для защиты томатов на ранних стадиях поражения растений. В дальнейшем следует оценить его эффективность для защиты других растений от серой гнили, а также возможное влияние на фитопатогенные микроорганизмы других видов. Также этот штамм может применяться для защиты растений от оранжерейной белокрылки в защищенном грунте.

### Благодарности

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда и Санкт-Петербургского научного фонда (грант № 23-26-10052).

### Библиографический список (References)

- Артюшкина ТВ, Носова АВ, Рыбаков ЮА (2023) Инсектицидные препараты на основе энтомопатогенных грибов. *Биотехнология* 39(6):97–107. <https://doi.org/10.56304/S0234275823060030>
- Реестр пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Раздел Пестициды. 2025. Москва: Минсельхоз России.
- Митина ГВ, Степаныхева ЕА, Чоглокова АА (2020) Влияние энтомопатогенных грибов *Akanthomyces* и *Lecanicillium* на поведенческие реакции и жизнеспособность оранжерейной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum*. *Вестник защиты растений* 103(4):265–268. <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-4-13466>
- Митина ГВ, Борисов БА, Первушин АЛ, Чоглокова АА, Павлюшин ВА (2016) Штамм гриба *Lecanicillium muscarium*, обладающий инсектоакарицидной и антибиотической активностью для борьбы против сосущих вредителей, грибных и бактериальных болезней. Патент на изобретение RUS 2598251
- Янковская ЕН, Войтка ДВ, Федорович МВ, Михнюк АВ (2013) Антагонистическая активность энтомопатогенных грибов в отношении фитопатогенных микромицетов. *Genetica, fiziologia și ameliorarea plantelor* 3(23):321–323. <https://doi.org/10.53040/gppb7.2021.85>
- Aguilera-Sammaritano J, Caballero J, Deymié, M Rosa M, Vazquez F, Pappano D, Lechner B, González-Teuber M (2021) Dual effects of entomopathogenic fungi on control of the pest *Lobesia botrana* and the pathogenic fungus *Eutypella microtheca* on grapevine. *Biol Res* 54(44) <https://doi.org/10.1186/s40659-021-00367-x>
- Angela C, Nicoletti R (2010) Occurrence of *Lecanicillium muscarium* as an antagonist of soil-borne fungal pathogens of perennial wallrocket. *J Plant Pathol* 92(4S):S4.77–S4.78
- Askary H, Morad MA, Ajamhassany M, Zamani SM (2008) Preliminary laboratory investigation of *Lecanicillium muscarium* affecting some phytopathogenic fungi. *Iranian J Forest Range Protect Res* 5(2):151–159
- Benhamou N, Brodeur J (2000) Evidence for antibiosis and induced host defense reactions in the interaction between *Verticillium lecanii* and *Penicillium digitatum*, the causal agent of green mold. *Phytopathology* 90:932–943
- Benhamou N, Brodeur J (2001) Pre-inoculation of RiT-DNA transformed cucumber roots with the mycoparasite, *Verticillium lecanii*, induces host defense reactions against *Pythium ultimum* infection. *Physiol Mol Plant Pathol* 58(3):133–146
- Chogloкова АА, Митина ГВ, Черепанова МА (2024) Entomopathogenic fungi of the genus *Akanthomyces* and closely related species as antagonists of phytopathogenic microorganisms. *Appl Biochem Microbiol* 60:1321–1327. <https://doi.org/10.1134/S0003683824604852>
- Goettel MS, Koike M, Kim J, Auchi D, Shinya R, Browder J (2008) Potential of *Lecanicillium* species for management of insects, nematodes and plant diseases. *J Invertebr Pathol* 98:256–261
- Faria MR, Wraight SP (2007) Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biol Control* 43:237–256
- Fenice M, Gooday GW (2006) Mycoparasitic actions against fungi and oomycetes by a strain (CCFEE 5003) of the fungus *Lecanicillium muscarium* isolated in Continental Antarctica. *Annal Microbiol* 56(1):1–6
- Hall RA (1981) The fungus *Verticillium lecanii* as a microbial insecticide against aphids and scales. In: Burges HD (ed) *Microbial control of pests and plant diseases 1970–1980*. New York: Academic Press. 483–498
- Heintz C, Blaich R (1990) *Verticillium lecanii* as a hyperparasite of grapevine powdery mildew (*Uncinula necator*) *Vitis* 29:229–232
- Kang BR, Han JH, Kim JJ, Kim YC (2018) Dual biocontrol potential of the entomopathogenic fungus, *Isaria javanica*, for both aphids and plant fungal pathogens. *Mycobiology* 46(4):440–447. <https://doi.org/10.1080/12298093.2018.1538073>

- Kim JJ, Goettel MS, Gillespie DR (2010) Evaluation of *Lecanicillium longisporum*, Vertalec® against the cotton aphid, *Aphis gossypii*, and cucumber powdery mildew, *Sphaerotheca fuliginea* in a greenhouse environment. *Crop Protect* 29(6):540–544. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.12.011>
- Kim JJ, Goettel MS, Gillespie DR (2008) Evaluation of *Lecanicillium longisporum*, Vertalec for simultaneous suppression of cotton aphid, *Sphaerotheca fuliginea*, on potted cucumbers. *Biol Control* 45:404–409
- Kim JJ, Goettel MS, Gillespie DR (2007) Potential of *Lecanicillium* species for dual microbial control of aphids and the cucumber powdery mildew fungus, *Sphaerotheca fuliginea*. *Biol Control* 40:327–332
- Köhl J, Medeiros FHV, Lombaers-vander Plas C, Groenenboom-de Haas L, van den Bosch T (2020) Efficacies of bacterial and fungal isolates in biocontrol of *Botrytis cinerea* and *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* and growth promotion in tomato do not correlate. *Biol Control* 150:104375. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104375>
- Koike M, Yoshida S, Abe N, Asano K (2007) Microbial pesticide inhibiting the outbreak of plant disease damage. Invention patent US20080019947A1
- Kusunoki K, Kawai A, Aiuchi D, Koike M, Tani M, Kuramochi K (2006) Biological control of *Verticillium* black-spot of Japanese radish by entomopathogenic *Verticillium lecanii* (*Lecanicillium* spp.) *Res Bull Obihiro Univ* 27: 99–107 (In Japanese with English summary)
- Lozano-Tovar MD, Ortiz-Urquiza A, Garrido-Jurado I, Trapero-Casas A, Quesada-Moraga E (2013) Assessment of entomopathogenic fungi and their extracts against a soil-dwelling pest and soilborne pathogens of olive. *Biol Control* 67(3):409–420. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.09.006>
- Nana TA, Koita K, Sanon E, Sankara P (2023) Mechanisms of action of *Akanthomyces lecanii* on peanut rust: Ultrastructural investigations. *Eur J Plant Pathol* 166:241–249. <https://doi.org/10.1007/s10658-023-02658-3>
- Romero D, Rivera ME, Cazorla FM, De Vicente A, A Pérez-García (2003) Effect of mycoparasitic fungi on the development of *Sphaerotheca fusca* in melon leaves. *Mycol Res* 107(1):64–71. <https://doi.org/10.1017/S0953756202006974>
- Saidi A, Mebdou S, Mecerlem D, Al-Hoshani N, Sadrati N, Boufahja F, Bendif H (2023) Dual biocontrol potential of the entomopathogenic fungus *Akanthomyces muscarius* against *Thaumetopoea pityocampa* and plant pathogenic fungi. *Saudi J Biol Sci* 30(8):103719. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2023.103719>
- Sarven MS, Hao Q, Deng J, Yang F, Wang G, Xiao Y, Xiao X (2020) Biological control of tomato gray mold caused by *Botrytis cinerea* with the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *Pathogens* 9(3):213. <https://doi.org/10.3390/pathogens9030213>
- Spencer DM, Atkey PT (1981) Parasitic effects of *Verticillium lecanii* on two rust fungi. *Transactions of the British Mycological Society* 77(3):535–542. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(81\)80101-5](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(81)80101-5)
- Timofeev S, Tsarev A, Senderskiy I, Rogozhin E, Mitina G, Kozlov S, Dolgikh V (2019) Efficient transformation of the entomopathogenic fungus *Lecanicillium muscarium* by electroporation of germinated conidia. *Mycoscience* 60(3):197–200. <https://doi.org/10.1016/j.myc.2019.02.010>
- Vandermeer J, Perfecto I, Liere H (2009) Evidence for hyperparasitism of coffee rust (*Hemileia vastatrix*) by the entomogenous fungus, *Lecanicillium lecanii*, through a complex ecological web. *Plant Pathol* 58:636–641
- Yun HG, Kim DJ, Gwak WS, Shin TY, Woo SD (2017) Entomopathogenic fungi as dual control agents against both the pest *Myzus persicae* and phytopathogen *Botrytis cinerea*. *Mycobiology* 45(3):192–198. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2017.45.3.192>
- Zewdie B, Tack A. J. M, Ayalew B, Adugna G, Nemomissa S, Hylander K (2021) Temporal dynamics and biocontrol potential of a hyperparasite on coffee leaf rust across a landscape in Arabica coffee's native range. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 311:107297. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107297>

#### Translation of Russian References

- Artyushkina TV, Nosova AV, Rybakov YuA (2023) [Insecticidal preparations based on entomopathogenic fungi]. *Biotehnologiya* 39(6):97–107. <https://doi.org/10.56304/S0234275823060030> (In Russian)
- Mitina GV, Borisov BA, Pervushin AL, Choglokov AA, Pavlyushin VA (2016) [*Lecanicillium muscarium* fungus strain with insecticidal, acaricidal and antibiotic activity for the control of sucking pests, fungal and bacterial diseases]. Invention patent RUS 2598251 (In Russian)
- Mitina G, Stepanycheva E, Choglokov A (2020) The effect of the different species of the entomopathogenic fungi from genera *Akanthomyces* and *Lecanicillium* on the behavioral responses and the viability of the *Trialeurodes vaporariorum*. *Plant Protection News* 103(4):265–268. <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-4-13466> (In Russian)
- Registry of pesticides and agrochemicals permitted for use in the Russian federation. Chapter Pesticides. 2025. Moscow: Ministry of agriculture of the Russian Federation (In Russian)
- Yankovskaya EN, Voitka DV, Fedorovich MV, Mikhnyuk AV (2013) Antagonistic activity of entomopathogenic fungi against phytopathogenic micromycetes. *Genetica, fiziologia și ameliorarea plantelor* 3(23):321–323. <https://doi.org/10.53040/gppb7.2021.85> (In Russian)

PROSPECTS FOR USING THE ENTOMOPATHOGENIC FUNGUS *AKANTHOMYCES MUSCARIUS* TO PROTECT TOMATOES FROM PESTS AND DISEASES

A.A. Chogloкова\*, G.V. Mitina, M.A. Cherepanova

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

\*corresponding author; e-mail: [4oglik@inbox.ru](mailto:4oglik@inbox.ru)

This study assessed the efficacy of the entomopathogenic fungus *Akanthomyces muscarius* against the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and the gray mold pathogen *Botrytis cinerea*. It was found that the area of *B. cinerea* infestation on tomato leaves was reduced after pre-treatment with conidia of two out of three *A. muscarius* strains. Strain VI 61 demonstrated the greatest inhibitory effect on gray mold development. This strain, when applied to the whole tomato plants, most effectively suppressed disease development on the fourth day, with subsequent plant growth at the level of the control. When tomato leaves were infested with *B. cinerea* pre-inoculated with *T. vaporariorum*, whitefly mortality from treatment with VI 61 spores was 69% on the fourth day, 50% higher than in the absence of *B. cinerea*. The efficacy of *A. muscarius* against the phytopathogen in the presence of whitefly larvae was significantly lower than on plants not inhabited by the whitefly. Fluorescence microscopy demonstrated the hyperparasitic properties of *A. muscarius* against *B. cinerea*. It was found that, when strain VI 61\* (labeled with a fluorescent tag) and the gray mold pathogen were grown together on agar medium, the fungal hyphae entwined *B. cinerea* hyphae, penetrating, growing, and emerging, destroying the pathogen's cell walls. These results suggest that strain VI 61 of *A. muscarius* holds promise for protecting tomatoes from *B. cinerea* and *T. vaporariorum*.

**Keywords:** *Lecanicillium*, biopesticides, hyperparasitism, *Botrytis cinerea*, *Trialeurodes vaporariorum*

Submitted: 17.10.2025

Accepted: 02.12.2025

FIRST RECORD OF *PAMMENE BLOCKIANA* (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE) IN RUSSIA

M.G. Kovalenko<sup>1\*</sup>, J.A. Lovtsova<sup>1</sup>, E.N. Akulov<sup>2</sup>, A.V. Shipulin<sup>1</sup>, S.V. Nedoshivina<sup>3</sup>,  
S. Gomboc<sup>4</sup>, N.N. Karpun<sup>5,6</sup>, N.I. Kirichenko<sup>1,7,8\*\*</sup>

<sup>1</sup> All-Russian Plant Quarantine Center, Bykovo, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Krasnoyarsk Branch of Centre for Agriproducts Quality Assurance, Krasnoyarsk, Russia

<sup>3</sup> Zoological Institute of Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

<sup>4</sup> Independent Researcher, Beltinci, Slovenia

<sup>5</sup> Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Sochi, Russia

<sup>6</sup> Saint Petersburg State Forest Technical University, Saint Petersburg, Russia

<sup>7</sup> Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Center “Krasnoyarsk Science Center SB RAS”, Krasnoyarsk, Russia

<sup>8</sup> Institute of Ecology and Geography, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

\*, \*\* corresponding authors, e-mails: bush\_zbs@mail.ru (\*), nkirichenko@yahoo.com (\*\*)

The study reports the first record of the tortricid moth *Pammene blockiana* from Russia. Its males were captured in Sochi in May 2025 in pheromone traps baited with the synthetic sex pheromone of the quarantine pest, the Oriental fruit moth *Grapholita molesta*. A total of 48 males of *P. blockiana* were collected from seven traps deployed in gardens and ornamental tree plantings in Sochi. The species was identified based on morphology (forewing pattern and genitalia) and DNA barcoding. The specimens from Sochi showed low genetic variability (0.2 % among three males from three sites) and clustered with individuals from Greece, with a maximum genetic distance of 1.4 %. In DNA-barcoding fragment, *Pammene oxycedrana* was the closest to *P. blockiana*, with a minimum genetic distance of 5.4 %, followed by *Pammene juniperana* (7.1 %). Regular catches in the pheromone traps suggest that *P. blockiana* is established and potentially abundant in Sochi. As its larvae damage cones of *Cupressus* and *Juniperus*, the species may represent a potential threat to Cupressaceae in man-made plantings and nature along the Black Sea coast. New data on the species distribution and the photographs of moth and male genitalia of *P. blockiana*, as well as the photographs of the related moth species are provided. The species diagnosis is given to distinguish *P. blockiana* from closely related species associated with Cupressaceae in Europe. Possible ecological consequences and the risk of further spread of *P. blockiana* are discussed.

**Keywords:** new record, tortricid moth, *Cupressus*, *Juniperus*, pheromone trapping, DNA barcoding, Black Sea coast of Russia

Submitted: 16.10.2025

Accepted: 30.11.2025

### Introduction

Regions with warm climates and high plant diversity are often among the most vulnerable to biological invasions (Bellard et al., 2016). The Black Sea coast of Russia represents a hotspot for introduction and establishment of alien phytophagous arthropods (Karpun et al., 2025).

On the Russian Black Sea coast, Cupressaceae species occur both in cultivation and nature (Karpun, 2010; Karpun, Kunina, 2014; Litvinskaya, 2011; Klemeshova, Karpun, 2024). Of 81 species used as ornamentals in the region, 47 (e.g., 58 %) belong to *Cupressus*, *Hesperocyparis*, and *Juniperus* (Adams et al., 2009; Karpun, 2010; WFO Plant List, 2025). These taxa are highly valued for their evergreen foliage, diverse growth forms, adaptability to subtropical climates, and aesthetic appeal (Klemeshova, Karpun, 2024). Their abundance in resort landscapes make such plantings attractive for colonization by phytophagous insects, including invasive alien species. For instance, an invasive beetle *Lamprodila (Palmar) festiva* (Linnaeus, 1767) (Coleoptera, Buprestidae) is known as a destructive pest on the Black Sea coast of Russia killing Cupressaceae plants both in urboecosystems and nature (Volkovitsh, Karpun, 2017).

On Cupressaceae, in total 22 species of phytophagous insects have been recorded so far in Sochi, of which 16 species predominantly damage needles, three species affect branches and stems, two species attack young shoots, and one species develops in cones (Shiryaeva, Garshina, 2000; Volkovitsh, Karpun, 2017; Karpun, 2018; Karpun et al., 2024). Within Tortricidae, three species are associated with Cupressaceae, in particular *Cacoecimorpha pronubana* (Hübner, 1799) with *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L.f.) D.Don, *Platycladus orientalis* (L.) Franco, *Sequoia sempervirens* (D.Don) Endl., *Epinotia nanana* (Treitschke, 1835) with *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook., and *Blastesthia tessulatana* (Staudinger, 1871) with *Cupressus*, *Thuja*, and *Juniperus* species (Shiryaeva, Garshina, 2000; Karpun, 2018). Among these, only *B. tessulatana* is known on the Russian Black Sea coast to cause damage to cypress cones.

In May 2025, we detected noticeable number of a tortricid *Pammene blockiana* (Herrich-Schäffer, 1851) in pheromone traps baited with the synthetic sex pheromone of *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae), a quarantine pest in Russia (Federal Service ... 2025; Stryukova, Stryukov,

2022). Thus, here we provide the first confirmed record of this species in Russia, as well as highlight the attraction of *P. blockiana* to this pheromone. Furthermore, we give some notes on the species taxonomy and molecular genetics, and

provide the photographs of collected specimens and male genitalia. Finally, we discuss possible impact and the risk of further species spread.

## Materials and methods

### Study region

The study was conducted in Sochi in May 2025. Sochi is the largest resort city located on the northeastern coast of the Black Sea in Krasnodar Territory (Russia). The city extends approximately 150 km along the coast and stretches inland into the adjacent mountainous region (Anisimov, Bitukov, 2007). The coastal zone is characterized by a humid subtropical climate, with warm winters and hot, humid summers (Fedina, 1968). In contrast, the foothills and highlands exhibit distinct montane climatic conditions resulting from the altitudinal zonation. The region receives 2.200–2.400 hours of sunshine annually; mean annual precipitation is about 1.534 mm. June and July are the driest months, whereas December and January the wettest (Fedina, 1968). The annual sums of temperatures above 10 °C range from 4.400 °C along the coast and foothills to 2.500 °C in the lower and middle mountain belts (Fedina, 1968).

In the urban landscapes of Sochi, *Cupressus sempervirens* L., *C. × leylandii* A.B. Jacks. & Dallim., *Hesperocyparis lusitanica* (Mill.) Bartel, *H. arizonica* (Greene) Bartel, *Juniperus chinensis* L., and *J. sabina* L. are the most widespread Cupressaceae species (Karpun, Kunina, 2014).

The Sochi Arboretum, located in the Khosta District of Sochi, is a designated cultural heritage site of Russia. It holds one of the largest collections of subtropical ornamental plants in Russia, i.e., approximately 1.700 taxa, including species, varieties, and cultivars (Shiryaeva, 2015). The collection currently includes 54 species of Cupressaceae (WFO Plant List, 2025).

### Field sampling

Sampling was conducted in Sochi from 28 April to 28 May 2025. The pheromone traps of delta shape with stick inner surface, produced by the All-Russian Plant Quarantine Center (VNIKR) and showed satisfactory efficiency, were used in the study (Glebov et al., 2021). A total of nine pheromone traps were deployed: two during the first period of time (28 April – 15 May) and seven during the second period (16–28 May). They were installed at three sites: (1) the garden of the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (both periods) (Fig. 1), (2) the area adjacent to the Sochi Arboretum (second period only), and (3) within the Sochi Arboretum itself (second period only).

The traps were placed at a height of ~1.5 m on the trees of *Prunus cerasifera*, *P. persica*, *P. serrulata*, and *Malus domestica* (Rosaceae), as the initial objective was the monitoring of Rosaceae-feeding *G. molesta*. Accordingly, the traps were baited with synthetic sex pheromone of *G. molesta*, consisting of Z8-dodecenyl acetate, E8-dodecenyl acetate, and Z8-dodecenol (produced by VNIKR). During 28 April–15 May, the traps were left unattended and collected in mid-May. From 16 to 28 May, the traps were inspected every 2–3 days; captured moths were removed from sticky surfaces directly in field, transferred to filter paper, and stored in plastic Petri dishes. On 28 May, all traps and the catches of moths were transported to the VNIKR laboratory for further examination.

### Data analysis, species identification, photographing

In the laboratory, the catches from the pheromone traps were examined and the number of the moth specimens recorded. For two localities where by three traps were installed, the differences in the number of caught *P. blockiana* specimens were analyzed using Mann–Whitney U-test (Siegel, Castellan, 1988).

Specimens of *P. blockiana* were removed from the glued surface of the traps and mounted following standard entomological techniques (Dyakov, 1996). Male genitalia were prepared according to the method described in Kovalenko et al. (2024).

The moth specimens were photographed with a Canon EOS 6D digital SLR camera (Japan, Canon) with a Canon MP-E 65 mm f/2.8 1-5X Macro lens (Japan, Canon), which was mounted on a Kaiser Copy Stand RS 2 XA stationary copying table (Germany, Kaiser) with a smooth feed along the axis of the optical system. Images of the genitalia structures were taken using hardware and software complex based on a stereo microscope Nexcope NSZ818 (China, Nexcope). A series of frames (up to 180) was captured at different focal planes. These image stacks were processed using the focus-stacking software Zerene Stacker (Version. 1.04 Build T2024-11-18-1210). Resultant images of adults and their genitalia were further edited using Adobe Photoshop 2021. For comparison, the specimens of other Cupressaceae-feeding *Pammene* species distributed in Europe (e.g., *P. juniperana* (Milliere, 1858), *P. oxycedrana* (Milliere, 1876), *P. mariana* (Zerny, 1920)), stored in the collection of Zoological Institute RAS (St. Petersburg), were also studied and photographed.

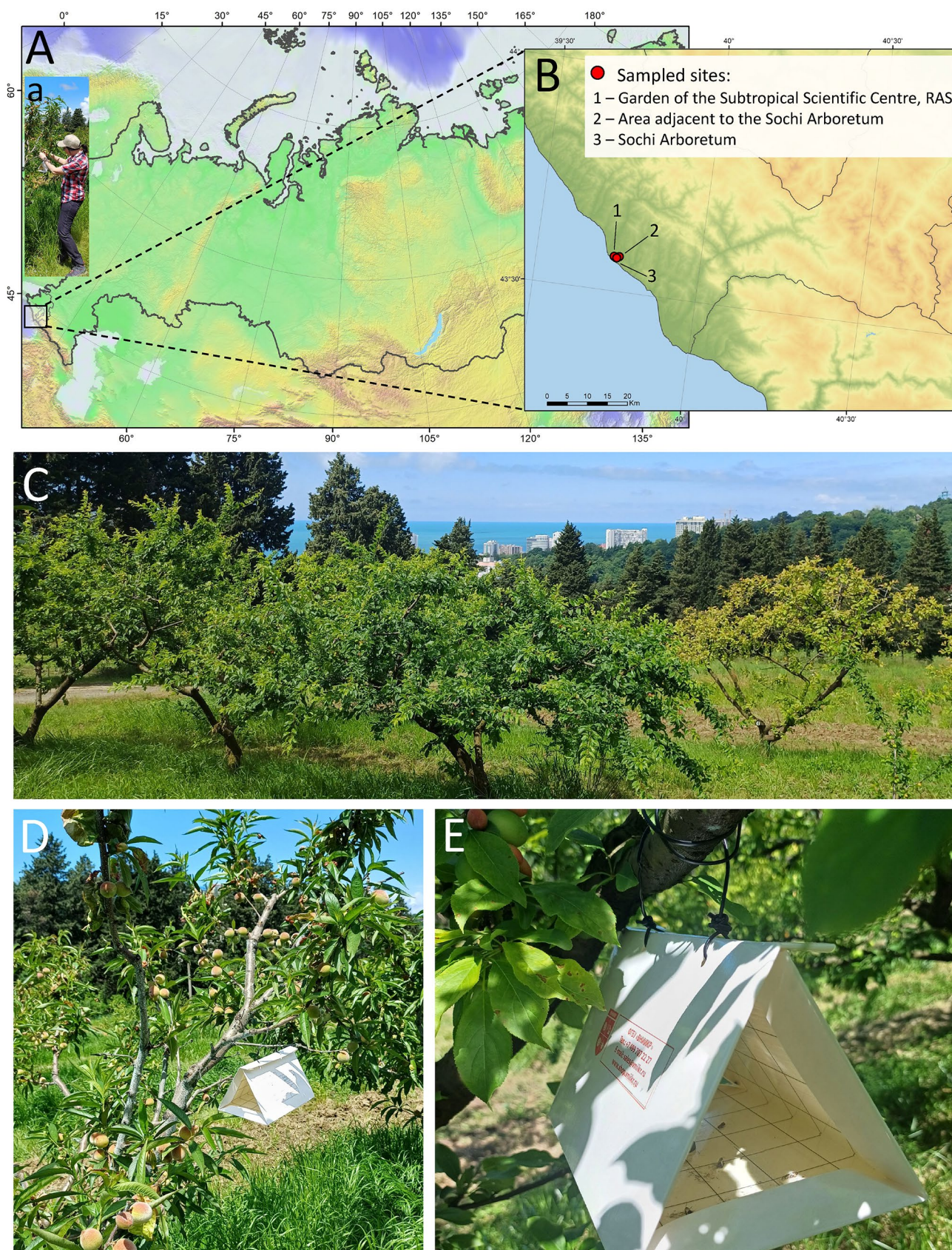
The collected moth specimens were deposited in the entomological collection of the All-Russian Plant Quarantine Center (Bykovo, Moscow Region) (38 specimens) and the collection of the Zoological Institute RAS (St. Petersburg) (10 specimens).

### DNA barcoding

Three adults of *P. blockiana* collected from the pheromone traps at three sites in Sochi were used for DNA barcoding. The DNA was extracted from the thorax of each specimen using the DNA-Extran-2 reagent kit (Syntol, Moscow) following the manufacturer's protocol.

A 658 bp fragment of the mitochondrial COI gene was amplified using the primers LCO1490/HCO2198 (Folmer et al., 1994). The PCR mixture contained 5 µL of 5X MasDD buffer (Dialat), 2 µL each of 10 µM forward and reverse primers, 2.5 µL DNA template, and 13.5 µL deionized water. Amplification was carried out with the following thermal profile: 94 °C for 10 min; 5 cycles of 94 °C for 30 s, 45 °C for 30 s, 72 °C for 1 min; 35 cycles of 94 °C for 30 s, 51 °C for 1 min, 72 °C for 1 min. PCR products were separated on a 1.5% agarose gel using the Fusion system (Vilber Lourmat). Products were purified with the GeneJET PCR Purification Kit (Thermo Fisher Scientific). Bidirectionally Sanger sequencing (Sanger et al., 1977) was performed on an ABI PRISM 3500xl DNA Analyzer.





**Figure 1.** Study region and deployment of pheromone traps, May 2025. A, B – location of the sampled sites; C – view to the garden of the Subtropical Scientific Centre RAS; D, E – delta pheromone traps baited with synthetic sex pheromone of *Grapholita molesta* placed on peach (D) and plum (E) trees.

Inset (a) in map A: a photograph of the first author installing a pheromone trap

**Рисунок 1.** Район исследований и расстановка феромонных ловушек, май 2025 г. А, В – расположение точек сбора материала; С – вид на сад Субтропического научного центра РАН; D, E – дельтавидные ловушки с синтетическим половым феромоном *Grapholita molesta*, установленные на деревьях персика (D) и сливы (E). Вставка (а) на карте А: фотография первого автора, устанавливающего феромонную ловушку



In addition, seven publicly available DNA barcodes from BOLD were included for comparison: *P. blockiana* (3 specimens from Greece), *P. juniperana* (3 specimens: 2 from Germany, 1 from the Netherlands), and *P. oxycedrana* (1 specimen from Cyprus). No sequences of *P. mariana* are currently available in BOLD for analysis. Specimen details are provided in Table 1. Voucher data, sequences and trace files are available at [dx.doi.org/10.5883/DS-PAMMENE](https://dx.doi.org/10.5883/DS-PAMMENE).

The sequences of *P. blockiana* from Sochi were aligned together with borrowed sequences of three *Pammene* species in BioEdit 7.2.5 (Hall, 1999). A maximum likelihood (ML) tree was constructed in MEGA X (Kumar et al., 2018) using the Kimura two-parameter model with 2000 bootstrap replicates. Interspecific and, where available, intraspecific genetic distances were calculated using the same method. One DNA barcode of *G. molesta* from Georgia (Lovtsova J.A., Kochiev M.V. coll.) was used to root the tree.

**Table 1.** Specimen data of *Pammene blockiana* and other Cupressaceae-feeding *Pammene* species used for molecular genetic analysis

**Таблица 1.** Данные экземпляров *Pammene blockiana* и других видов рода *Pammene*, развивающихся на семействе Кипарисовые, использованных для молекулярно-генетического анализа

No.	Process ID Идентификационный номер	Country Страна	Locality Локалитет	Sampling date Дата сбора	Collectors Сборщик	Depositaria* Место хранения
<i>Pammene blockiana</i>						
1	L30	Russia	Sochi	27.05.2025	Kovalenko M.G., Lovtsova J.A.	VNIKR
2	L31	Russia	Sochi	27.05.2025	same as above	VNIKR
3	L32	Russia	Sochi	27.05.2025	same as above	VNIKR
4	LEASX044-21	Greece	Crete	29.04.2001	Wimmer J.	TLF
5	BSNTN1523-24	Greece	Crete	03.06.2023	Berggren K., Voith R.	RCKB
6	BSNTN1524-24	Greece	Crete	03.09.2023	Berggren K.	RCKB
<i>Pammene juniperana</i>						
7	BGENL226-23	Netherlands	Drenthe	17.06.1974	Huisman K.J.	NBC
8	FGMLM036-18	Germany	Bavaria	29.05.2017	Seeger A.H.	BSCZ
9	FGMLH474-16	Germany	Bavaria	12.06.2015	same as above	BSCZ
<i>Pammene oxycedrana</i>						
10	LECYP195-23	Cyprus	Iskele	09.09.2023	Huemer P.	TLF
Outgroup: <i>Grapholita molesta</i>						
11	PIPRF076-25	Georgia	Dusheti	14.05.2019	Lovtsova J.A., Kochiev M.V.	VNIKR

\*Depositaria: BSCZ – Bavarian State Collection of Zoology; NBC – Naturalis Biodiversity Center; RCKB – Research Collection of Kai Berggren; TLF – Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum; VNIKR – All-Russian Plant Quarantine Center.

## Results

During the first monitoring period (28 April–15 May), no *P. blockiana* specimens were captured in the pheromone traps in Sochi. In contrast, during the second period (16–28 May 2025), 48 specimens were caught in all seven pheromone traps. Of these, 37 specimens were captured in three traps in the garden of the Subtropical Scientific Centre RAS, 10 specimens

in three traps in areas adjacent to the Sochi Arboretum (Table 2), and a single specimen in the Sochi Arboretum (not included in Table 2, as only one trap was deployed at this site).

At the two sites, where by three traps were deployed, the number of males varied from 2 to 19 per trap, averaging  $3.3 \pm 1.1$  males per trap in the area adjacent to the Sochi Arboretum

**Table 2.** Number of *Pammene blockiana* males captured in the pheromone traps in Sochi, May 2025

**Таблица 2.** Количество самцов *Pammene blockiana*, пойманных в феромонные ловушки в Сочи в мае 2025 г.

Trap no. Номер ловушки	Area adjacent to the Sochi Arboretum Территория, прилегающая к Сочинскому дендрарию	Garden of the Subtropical Scientific Centre RAS Сад Субтропического научного центра РАН
1	3	19
2	5	13
3	2	5
Sum сумма	10	37
average $\pm$ St.Er. среднее $\pm$ ст. ошибка	$3.3 \pm 1.1^*$	$12.3 \pm 4.9^*$

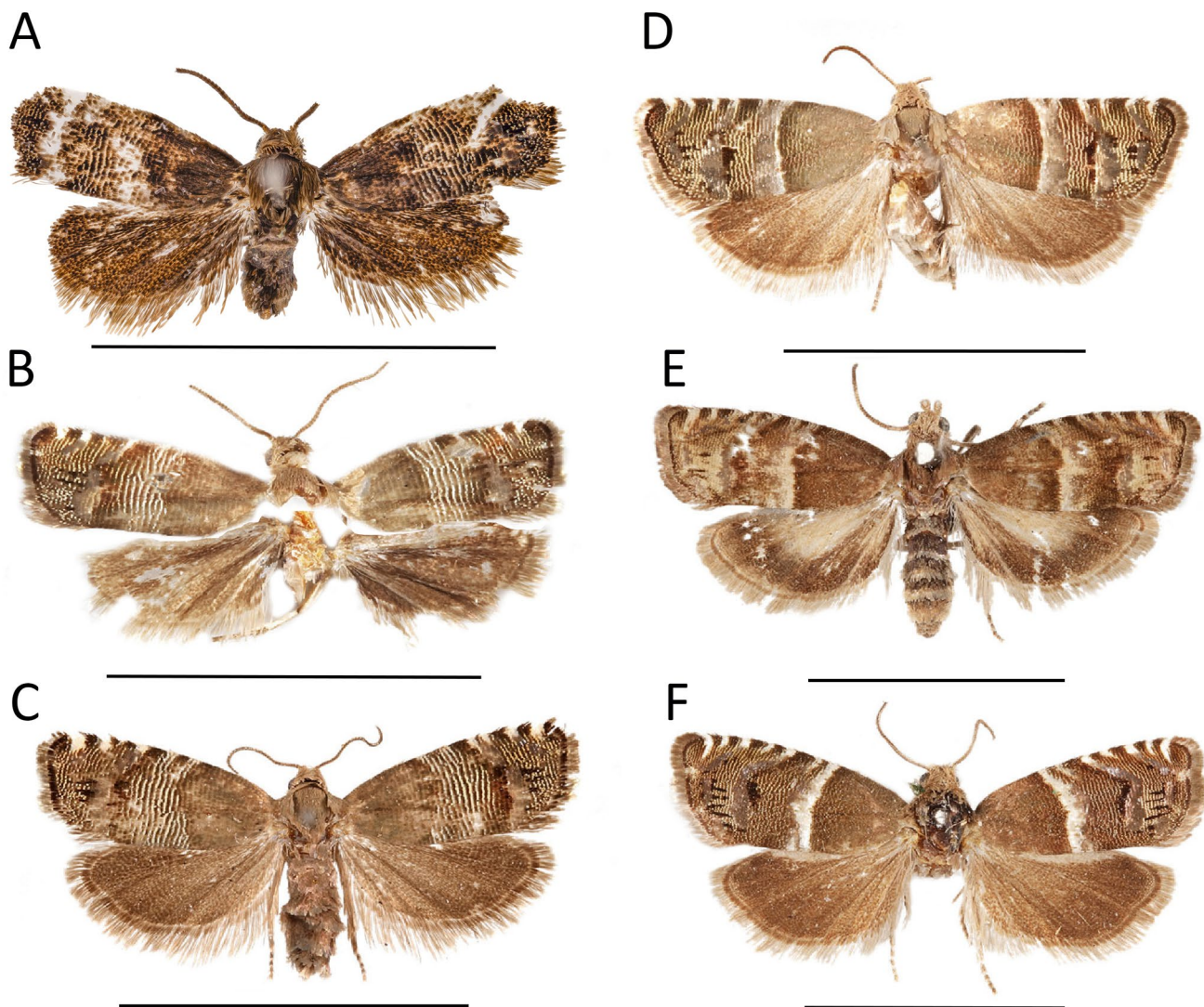
\* No statistical difference (Mann-Whitney U-test:  $U = 0.5$ ,  $Z = 1.52$ ,  $p > 0.05$ ).

and  $12.3 \pm 4.9$  males per trap in the garden of the Subtropical Scientific Centre RAS (Table 2). No statistically significant difference was detected between these two sites (Table 2).

**Studied material** (Fig. 2). *P. blockiana*: Paralectotype of *P. cupressana* Zerny, 1927 (= *blockiana*), ITALY, “Ob. Italien. Gardasee, Gargnano Majdl. Zerny ’13”, female (Zoological Institute RAS (St. Petersburg) (ZISP)); RUSSIA, Krasnodar Territory, Sochi, garden of the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, 43.5722 N, 39.7519 E, 77 m a.s.l., 20–26.05.2025, 37 males; area adjacent to the Sochi Arboretum Sochi Arboretum, 43.5699 N, 39.7400 E, 15 m a.s.l., 23–28.05.2025, 10 males; Sochi Arboretum, 43.5704

N, 39.7425 E, 44 m a.s.l., 20.V.2025, 1 male, Kovalenko M.G. and Lovtsova J.A. legit. (for all specimens in Sochi); NORTH MACEDONIA, Treskas Schlucht, W. v. Skopje, 20–30.V.1956, Dr. F. Kasy, female (ZISP); CROATIA, Gruž (Dubrovnik), Anf. Juni 1933, Jos. Klimesch, female (ZISP); Stipanska I. Šolta, 22.V.57 Novak (ZISP). *P. juniperana*: FRANCE, Hautes-Alpes, L’Argentière-la-Bessée, 14.V.25, female (ZISP). *P. oxycedrana*: Europe, “Gall.(ia) m. 78”, coll. Wocke, male (ZISP). *P. mariana*: CROATIA, “Spalato 5.50 Hw.” coll. Wocke, female (ZISP).

**Morphology.** All specimens collected in Sochi in May 2025 (Fig. 2A) exhibited morphological characteristic for



**Figure 2.** Adults of *Pammene blockiana* and related Cupressaceae-feeding *Pammene* in Europe. A – *P. blockiana*, Sochi, Russia (the specimen was collected from sticky pheromone trap, therefore some scales on forewings are missing); B – *P. blockiana* (in coll. as paralectotype of *Pammene cupressana* Zerny, 1927), Italy, “Gargnano”; C – *P. blockiana*, North Macedonia, “Skopje”; D – *Pammene juniperana*, France, “L’Argentière-la-Bessée”; E – *Pammene oxycedrana*, Europe, “Gall.(ia)” [probably France at the border with Italy]; F – *Pammene mariana*, Croatia, “Spalato” – Split. The specimens in figs B–E are stored in the collection of Zoological Institute RAS (St. Petersburg). The scale is 5 mm.

**Рисунок 2.** Имаго *Pammene blockiana* и других видов рода *Pammene*, развивающихся на семействе Кипарисовые в Европе. А – *P. blockiana*, Сочи, Россия (экземпляр был изъят из клеевой феромонной ловушки, поэтому чешуйки на крыльях частично стерты); В – *P. blockiana* (в коллекции подписан как паралектотип *Pammene cupressana* Zerny, 1927), Италия, “Gargnano”; С – *P. blockiana*, Северная Македония, “Skopje”; D – *Pammene juniperana*, Франция, “L’Argentière-la-Bessée”; E – *Pammene oxycedrana*, Европа, “Gall.(ia)” [возможно, Франция на границе с Италией]; F – *Pammene mariana*, Хорватия, “Spalato” – Сплит. Экземпляры, приведенные на рисунках В–Е, хранятся в коллекции Зоологического института РАН (Санкт-Петербург). Шкала – 5 мм.



*P. blockiana*. Among 48 specimens examined, no notable variation was observed in forewing coloration or in the structures of male genitalia. In the pheromone traps in Sochi, only males of *P. blockiana* were captured. Nevertheless, for completeness, a brief note on the genitalia of both sexes is provided below.

*Imago*: wing span 7–8 mm. Head and thorax brownish-gray, slightly paler than basal area of forewing. Labial palpi short, pale greyish-yellowish, not visible from above. Basal field of forewing as approximately one-third of the wing, covered by brownish-grey slightly shining scales. Distal margin of basal field marked by darker slightly curved narrow transverse band. Median fascia consists of 7–10 alternating blackish-brown and white lines and begins from two whitish costal strigulae. Postmedian stria wide, formed by shining bluish-silvery scales and originates from third costal strigula. Dorsal part of postmedian stria forming inner line of ocellus. Outer line of ocellus absent, replaced by 2–3 blackish short streaks. In outer field two wide whitish costal strigulae present. Short metallic-shining line extends from distal costal strigula towards outer margin. Black marginal line along the base of unicolorous silvery-shining cilia slightly paler below wing apex. Hindwing unicolorous greyish-brown with slightly lighter basal third. Cilia greyish with dark line along base.

*Male genitalia* (Fig. 3): distal part of sacculus strongly elongate ventrally, forming a long triangular prominence,

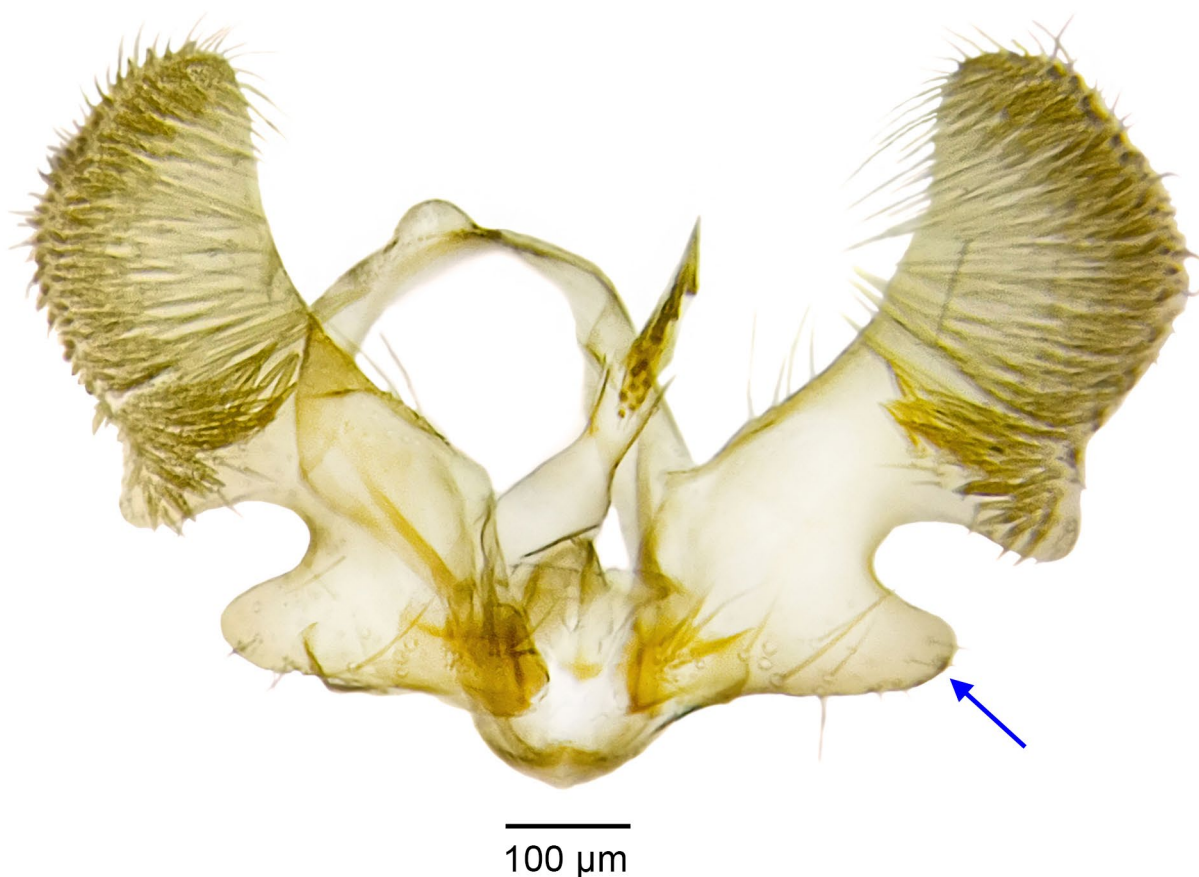
highly characteristic for this species. Valval neck is short and narrow. Basal part of cucullus with short triangular ventral prominence. Distal part of cucullus curved ventrally. Aedeagus broad basally with patch of short cornuti in vesica.

*Female genitalia*: postostial part of sterigma very small and weakly sclerotized, cingulum long and narrow, postmedian part of ductus bursae slender and long. Corpus bursae large ovoid with two small curved signa on rounded base.

*Diagnosis*: *P. blockiana* is externally similar to a group of congeners (*P. juniperana*, *P. oxycedrana*, and *P. mariana*), whose larvae also feed on Cupressaceae. However, it can be reliably distinguished from these species by a combination of morphological characters.

*P. blockiana* is the smallest species in the group, with a wingspan of 7–8 mm, compared to 8–9 mm in *P. juniperana*, 10–11.5 mm in *P. oxycedrana*, and 8.5–11 mm in *P. mariana*. The most characteristic external diagnostic feature is the structure of the forewing ocellus. Unlike the other three species, which possess a complete outer ocellar line, in *P. blockiana* this line is entirely absent and replaced by 2–3 short blackish streaks. The median fascia is notably wide, consisting of 7–10 alternating dark and white lines.

In the male genitalia, *P. blockiana* is distinguished by a very deep incision on the ventral edge of the valva, forming a neck that is twice as narrow as the sacculus. In contrast, the valval neck in *P. juniperana* is about two-thirds the width



**Figure 3.** Male genitalia of *Pammene blockiana*, Sochi, Russia. The main diagnostic character, i.e., long triangular prominence on sacculus, is indicated by an arrow

**Рисунок 3.** Гениталии самца *Pammene blockiana*, Сочи, Россия. Стрелкой показан длинный треугольный выступ саккулуса – основной диагностический признак

of the sacculus, while in *P. oxycedrana* and *P. mariana* it is almost as wide as the sacculus. The ventral prominence of the cucullus in *P. blockiana* is triangular with a pointed apex, whereas in *P. juniperana* it is rounded apically, and it differs in shape in the other species. In the female genitalia, *P. blockiana* differs from all mentioned species by possessing a long and narrow cingulum.

**Biology.** In Sochi, first *P. blockiana* males were documented in the second half of May. No further observations on the phenology are available.

**Host plants:** *Cupressus sempervirens*, *Juniperus excelsa*, and *J. foetidissima* (Kuznetsov, 1978; Razowski, 2003; Moraiti et al., 2019). These plants, together with the representatives of 11 other genera (*Callitropsis*, *Calocedrus*, *Chamaecyparis*, *Fokienia*, *Hesperocyparis*, *Microbiota*, *Platycladus*, *Tetraclinis*, *Thuja*, *Thujopsis*, and *Xanthocyparis*) constitute the subfamily Cupressoideae Rich. ex Sweet (Jagel, Dörken, 2015). In Sochi, particularly at the studied localities *Cupressus* and *Juniperus* are present (Table 3), including the species confirmed as host plants of the moth in Europe (Razowski, 2003; Moraiti et al., 2019).

The trophic association of *P. blockiana* with Cupressaceae links it to morphologically similar species: *P. juniperana*, *P. oxycedrana*, and *P. mariana*. While *P. blockiana* develops on *Cupressus* and *Juniperus* species, including its European hosts *C. sempervirens*, *J. excelsa*, and *J. foetidissima*, the other three species show a more specialized preference for junipers.

*Pammene juniperana* develops in cones of *J. communis* and *J. thurifera* (Danilevsky, Kuznetsov, 1968) and has two generations a year (Razowski, 2003). *P. oxycedrana* feeds on *J. oxycedrus* (Danilevsky, Kuznetsov, 1968; Razowski, 2003); full-grown larvae drop to the ground to pupate by the end of February (Razowski, 2003). *P. mariana* is a serious pest of *J. excelsa*, *J. foetidissima* and *J. oxycedrus* (Danilevsky, Kuznetsov, 1968), the plants which foliage and cones have commercial values (e.g., used for producing etheric oils and different beverages, for instance, gin) (Gari et al., 2020;

Fotiadou et al., 2023). Larvae of *P. mariana* bore into cones and pupate inside whitish cocoon, producing one full generation per year, with a partial second generation. Notably, larvae of the second generation hibernate inside cones (Razowski, 2003).

**DNA barcoding data** (Fig. 4). The specimens of *P. blockiana* from Sochi showed low variability (0.2%) and clustered together with specimens from Greece, with a maximum genetic distance of 1.4% (Fig. 4). The other two Cupressaceae-feeding *Pammene* species formed two distinct clusters in the tree (Fig. 4). The closest relative to *P. blockiana* was *P. oxycedrana*, with a minimum genetic distance of 5.4%, followed by *P. juniperana*, which showed a minimum genetic distance of 7.1% from *P. blockiana*. The minimum distance between *P. oxycedrana* and *P. juniperana* was 4.1%.

**Distribution.** *P. blockiana* is known from Mediterranean region of southern Europe. It was recorded in France (where the specimens were captured in pheromone traps with synthetic sex pheromone of *Cydia pomonella* (Chambón, 1994)), Italy, former Yugoslavia (Razowski, 2003), Slovenia, Croatia (Šumpich et al., 2022), Greece (Crete) (Huemer, 2025), Cyprus (Moraiti et al., 2019), and Turkey (Fig. 5)

In Razowski (2003), Germany is mentioned, although the confirmations from this country are lacking (Gaedike, 2017; Lepiforum, 2025). Earlier records from Transcaucasia (Caradja, 1916) require confirmation. Kuznetsov (1978) listed *P. blockiana* for the Black Sea coast without specifying the countries, likely referring to regions outside Russia, as no verified records from Russia existed until now. Our study documents the species on the Black Sea cost of Russia, specifically in Sochi, for the first time (Fig. 5).

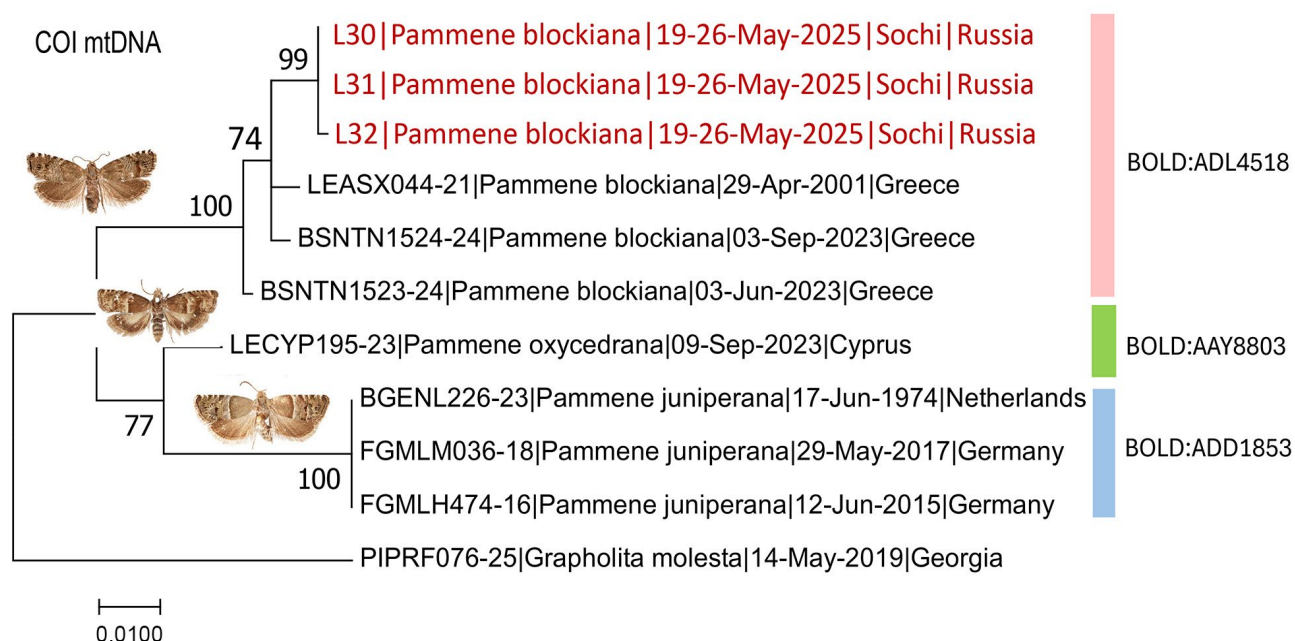
Other Cupressaceae-feeding *Pammene* species are known from Europe: *P. juniperana* from France and Germany, *P. oxycedrana* from Southern France, Italy, and Crimea, *P. mariana* from former Yugoslavia (Dalmatia – Croatia), Turkey, Crimea, and western Caucasus (Razowski, 2003, Sinev et al., 2019).

**Table 3.** Species diversity of *Cupressus* and *Juniperus* (Cupressaceae) in Sochi

**Таблица 3.** Видовое разнообразие родов *Cupressus* и *Juniperus* (Кипарисовые) в Сочи

Genus Род	Localities Локалитеты	
	Sochi plantings (including areas adjacent to the Subtropical Scientific Centre RAS) Сочинские насаждения (включая территории, прилегающие к Субтропическому научному центру РАН)	Sochi Arboretum Сочинский дендрарий
<i>Cupressus</i> L.	<b>10 species:</b> <i>C. atlantica</i> , <i>C. chengiana</i> , <i>C. cashmeriana</i> , <i>C. duclouxiana</i> , <i>C. dupreziana</i> , <i>C. gigantea</i> , <i>C. hybrida</i> , <i>C. × leylandii</i> , <i>C. sempervirens</i> *, <i>C. torulosa</i>	<b>5 species:</b> <i>C. cashmeriana</i> , <i>C. duclouxiana</i> , <i>C. × leylandii</i> , <i>C. sempervirens</i> *, <i>C. torulosa</i>
<i>Juniperus</i> L.	<b>22 species:</b> <i>J. brevifolia</i> , <i>J. cedrus</i> , <i>J. chinensis</i> , <i>J. communis</i> , <i>J. davurica</i> , <i>J. deppeana</i> , <i>J. erythrocarpa</i> , <i>J. excelsa</i> *, <i>J. foetidissima</i> *, <i>J. horizontalis</i> , <i>J. isophyllos</i> , <i>J. oxycedrus</i> , <i>J. phoenicea</i> , <i>J. pinchotii</i> , <i>J. pseudosabina</i> , <i>J. rigida</i> , <i>J. sabina</i> , <i>J. sargentii</i> , <i>J. scopulorum</i> , <i>J. sibirica</i> , <i>J. squamata</i> , <i>J. virginiana</i>	<b>17 species:</b> <i>J. cedrus</i> , <i>J. chinensis</i> , <i>J. communis</i> , <i>J. davurica</i> , <i>J. deppeana</i> , <i>J. excelsa</i> *, <i>J. foetidissima</i> *, <i>J. isophyllos</i> , <i>J. oxycedrus</i> , <i>J. phoenicea</i> , <i>J. pinchotii</i> , <i>J. pseudosabina</i> , <i>J. rigida</i> , <i>J. sabina</i> , <i>J. scopulorum</i> , <i>J. sibirica</i> , <i>J. virginiana</i>

\*Host plants of *P. blockiana* in Europe (Kuznetsov, 1978; Razowski, 2003; Moraiti et al., 2019).



**Figure 4.** COI Maximum likelihood tree showing the relationship of *Pammene blockiana* specimens from Sochi (Russia) to Cupressaceae-feeding *Pammene* species from Europe. Clusters are color-coded (light red, green, blue) to indicate different BINs. Bootstrap values >70 are indicated at the corresponding nodes

**Рисунок 4.** Дендрограмма филогенетических связей между *Pammene blockiana* из Сочи (Россия) и видами *Pammene*, развивающимися на Кипарисовых в Европе. Дендрограмма построена методом максимального правдоподобия на основе данных гена COI митохондриальной ДНК. Кластеры выделены разными цветами (светло-красным, зеленым, синим) для обозначения разных BIN-номеров. Значения бутстрапа >70 указаны рядом с соответствующими узлами



**Figure 5.** Schematic distribution of *Pammene blockiana* in Europe. Countries where *P. blockiana* was recorded are fully colored, although in some cases the species is known only from limited area, as per data from various sources (Chambon, 1994; Razowski, 2003; Moraiti et al., 2019; Šumpich et al., 2022; Lepiforum, 2025; Huemer, 2025). Germany and Transcaucasia, where the species presence requires confirmation, are not indicated on the map

**Рисунок 5.** Схема распространения *Pammene blockiana* в Европе. Страны, где обнаружена *P. blockiana*, закрашены полностью, хотя в некоторых случаях вид известен лишь с ограниченной территории, согласно данным из разных источников (Chambon, 1994; Razowski, 2003; Moraiti et al., 2019; Šumpich et al., 2022; Lepiforum, 2025; Huemer, 2025). Германия и Закавказье, где наличие вида требует подтверждения, на карте не обозначены



### Discussion

This study provides the first confirmed record of *P. blockiana* in Russia, with its detection in Sochi. The species was identified based on morphology (forewing pattern and male genitalia) showing difference from other Cupressaceae-feeding *Pammene* species present in Europe (Razowski, 2003). Additionally, DNA barcoding clearly distinguished the studied specimens from *P. oxycedrana* and *P. juniperana* (*P. mariana* DNA barcodes were not available for the comparative analysis). Our finding extends the known range of *P. blockiana* eastward along the Black Sea coast, bridging a gap between its Mediterranean and Transcaucasian records. It also highlights the diagnostic stability of morphological and molecular characters across the species range.

The origin of *P. blockiana* in Russia remains uncertain. One possibility is that the species is native to southern Russia but remained undetected due to very low population density, becoming noticeable only recently. This hypothesis appears plausible, as Kuznetsov (1987) mentioned the species from the Black Sea coast, although without specifying exact localities or countries. The Black Sea coastline is, however, shared by six countries – Bulgaria, Georgia, Romania, Russia, Turkey, and Ukraine – making precise attribution challenging. Alternatively, *P. blockiana* may represent a recent introduction to Sochi through human-mediated transportation from Europe, particularly from Italy. The latter is conceivable given the historical influx of alien insect pests from Italy with ornamental plants for planting during the large-scale landscaping activities prior 2014, preceding the XXII Olympic Winter Games (Karpun, 2018, 2019; Karpun et al., 2025).

To our knowledge, this is the first record of *P. blockiana* males being attracted to traps baited with the synthetic sex pheromone of *G. molesta*. The synthetic pheromone of *G. molesta* is known to attract the variety of Tortricidae species (Akulov et al., 2014, 2025). The capture of *P. blockiana* males on the synthetic pheromone of *G. molesta* suggests some overlap in response to some pheromone components, a phenomenon previously reported in other tortricids (Velcheva, 2000). This cross-attraction could provide a practical basis for incidental monitoring (Akulov et al., 2025). Notably, during extensive field trials using *G. molesta* synthetic pheromone in the 1980s (Shutova, 1980) and subsequent large-scale surveys in Sochi region (Ignatova, 1981; Shiryayeva, 2000; Shiryayeva, Garshina, 2000; Karpun, Ignatova, 2010; Shiryayeva, 2015; Karpun, 2018; Karpun et al., 2025), *P. blockiana* was never recorded, further complicating the assessment of its current status in the area.

The absence of *P. blockiana* specimens in traps deployed between the end of April and mid-May suggests that the flight of this species begins in Sochi no earlier than mid-May. From

20 May (first detection date) until 28 May (the date when the traps were removed), the species was regularly detected in the pheromone traps. Based on these observations, we hypothesize that the flight peak may occur in June, although no data are currently available to confirm this. Whether the species produces one or multiple generations per year in Sochi remains also unclear. Addressing this question would require a dedicated study with pheromone traps deployed continuously over several months.

*Pammene blockiana* has no quarantine status in Russia or elsewhere. However, few related species are recognized as quarantine pests in some parts of world, including *Pammene fasciana* (Linnaeus, 1761), which is listed as such for the USA, Chile, and Turkey, and *Pammene rhediella* (Clerck, 1759) for Argentina (EPPO, 2025). These species, however, feed on different host plants: *P. fasciana* on *Castanea sativa* and *Quercus robur* (Fagaceae), while *P. rhediella* is associated with *Crataegus*, *Malus*, *Prunus*, and *Pyrus* (Rosaceae) (Lepiforum, 2025).

To date, only three host plants have been reported for *P. blockiana* in Europe: *Cupressus sempervirens*, *Juniperus excelsa*, and *J. foetidissima* (Razowski, 2003; Moraiti et al., 2019). However, on the Russian Black Sea coast, besides these species other representatives of Cupressaceae also grow. Given the fact that *P. blockiana* can develop on more than one genus (i.e., exhibits oligophagy), it is plausible that it may also utilize other members of Cupressaceae, especially from subfamily Cupressoideae, as host plants.

Although *P. blockiana* has not been reported as a pest of majoreconomic significance, a study from Cyprus demonstrated its involvement in seed damage of *J. foetidissima* (Moraiti et al., 2019). On the island, cone infestation reached 30–90%, caused by four seed-feeding Lepidoptera: three *Pammene* species (*P. blockiana*, *P. juniperana*, and *P. mariana*) and one argyresthiid, *Argyresthia aurulentella* (Stainton, 1849). However, the contribution of each species to the overall seed damage remains unclear (Moraiti et al., 2019).

Relatively high number of *P. blockiana* individuals captured in Sochi indicates that the species can be abundant in the region. As its larvae develop in cones of *Cupressus* and *Juniperus*, it may represent a potential threat to ornamental Cupressaceae species, which are widely planted on the Black Sea coast of Russia (Karpun, Kunina, 2014; Klemeshova, Karpun, 2024). Furthermore, on the north of this region, there are natural forests with *J. excelsa* and *J. foetidissima*, the species listed in the Red Book of the Russian Federation (Litvinskaya, 2024; Litvinskaya, Fateryga, 2024), which may also be affected.

### Conclusions

The discovery of *P. blockiana* in Sochi highlights the need for continued surveys in Southern Russia, particularly in areas where Cupressaceae plants grow. Given regular catches of *P. blockiana* in Sochi and its ability to damage cones of *Cupressus* and *Juniperus*, the moth may pose risks to the conservation value of botanical collections and natural plantings, especially those containing endangered *Juniperus* species. From a plant protection perspective, clarification of the moth's host range is especially critical, as if additional

taxa prove susceptible, the potential impact of the tortricid species may be considerably greater than currently assumed. Further research should also focus on exploring the life cycle of *P. blockiana* in the climatic conditions of Southern Russia and defining the species current distribution. The latter should involve molecular genetic means to identify source populations and pathways of spread, and assess the potential for expansion to other regions and countries where Cupressaceae plants are present.



### Funding

The study and the contributions of M.G. Kovalenko, J.A. Lovtsova, E.N. Akulov, and N.I. Kirichenko were supported by the Federal research project of the All-Russian Plant Quarantine Center (VNIICR) (project no. 1024030100042-9). The contribution of S.V. Nedoshivina was supported by the state research project (no. 125012901042-9) “Systematization of insect diversity in taxonomic, ecophysiological, and evolutionary aspects”, and that of N.N. Karpun by the state task of FRC SSC of RAS FGRW-2025-0002 (no. 125021202045-8).

### Acknowledgments

We thank Sergei Yu. Mukhanov (All-Russian Plant Quarantine Center, Bykovo), Natalia V. Shiryayeva (Sochi Arboretum, Sochi) and to Elena I. Shoshina (Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Sochi) for their assistance in field, Nikolai G. Todorov (All-Russian Plant Quarantine Center, Bykovo) for providing pheromone traps, and Irina A. Mikhailova (Sukachev Institute of Forest, Krasnoyarsk) for help with mapping.

### References

- Adams RP, Bartel JA, Price RA (2009) A new genus, *Hesperocyparis*, for the cypresses of the western hemisphere (Cupressaceae). *Phytologia* 91(1): 160–185
- Akulov EN, Kirichenko NI, Petko VM (2014) Non-targeted species of *Grapholita* (Lepidoptera, Tortricidae) attracted to synthetic pheromone of Oriental fruit moth in southern Siberia. *Plant Health Res Pract* 2: 31–50
- Akulov EN, Kovalenko MG, Lovtsova JA, Musolin DL, Kirichenko NI (2025) Western range limit, population density, and flight dynamics of the fruit pest *Grapholita inopinata* (Lepidoptera: Tortricidae) in Russia. *Life* 15(4): 521. <https://doi.org/10.3390/life15040521>
- Anisimov VI, Bityukov NA (2007) [Physical Geography of the Resort City of Sochi: Monograph]. Sochi: SGUTiKD. 256 p. (In Russian)
- Bellard C, Leroy B, Thuiller W, Rysman JF, Courchamp F (2016) Major drivers of invasion risks throughout the world. *Ecosphere* 7(3): e01241. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1241>
- Caradja A (1916) Beitrag zur Kenntnis der zoogeographischen Verbreitung der Pyraliden und Tortriciden des europäischen Faunengebietes, nebst Beschreibung neuer Formen. *Dtsch Entomol Z Iris* 30: 1–88
- Chambón JP (1994) Deux tordeuse nouvelles pour la France (Lepidoptera, Tortricidae). *Bull Soc entomol Fr* 99(4): 395–396
- Danilevsky AS, Kuznetsov VI (1968) [Tortricidae: The subgenus *Aspila* Sph., the section funebranae] In: Byhovskiy BE (ed.) [Fauna of the USSR. Vol. V, Part 1. Lepidoptera]. Leningrad: Nauka. 305–309. (in Russian)
- Dyakov MYu (1996) [How to assemble a collection of insects]. Moscow: Muravei. 144 p. (In Russian)
- EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int> (11.09.2025)
- Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Supervision (2025) [National report on the quarantine phytosanitary state of the territory of the Russian Federation in 2024]. *Plant Health Quar* 2: 2–16 (In Russian)
- Fedina AE (1968) [Crimean-Caucasian mountain country] In: Grodzetsky NA (ed) [Physical and geographical zoning of the USSR]. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta. 158–189 (In Russian)
- Folmer O, Black M, Hoeh W, Lutz R, Vrijenhoek R (1994) DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Mol. Mar. Biol. Biotechnol* 3(5): 294–299.
- Fotiadou E, Panou E, Graikou K, Sakellarakis F-N, Chinou I (2023) Volatiles of All Native *Juniperus* species growing in Greece – antimicrobial properties. *Foods* 12: 3506. <https://doi.org/10.3390/foods12183506>
- Gaedike R, Nuss M, Steiner A, Trusch R (2017) Verzeichnis der Schmetterlinge Deutschlands (Lepidoptera). 2. überarbeitete Auflage. In: Entomofauna Germanica, Band 3. Entomologische Nachrichten und Berichte, Beiheft 21. Dresden. 362 S.
- Gari M, Shimelis A, Asfaw B, Abebe T, Jayakumar M (2020) Review on: extraction of essential oil (gin flavor) from juniper berries (*Juniperus communis*). *ITCE* 7: 19–28.
- Glebov VE, Korzh DA, Sinitsyna EV, Fedoseev NZ (2021) On the results of testing various types of pheromone traps for collecting oriental fruit moth *Grapholita molesta* (Busck, 1916) in the conditions of the southern coast of Crimea. *Plant Health Quar* 2: 62–68. <https://doi.org/10.69536/FKR.2021.11.11.001>
- Hall TA (1999) BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symp Ser* 41: 95–98
- Huemer P, Berggren K, Aarvik L, Rennwald E et al (2025) Extensive DNA barcoding of Lepidoptera of Crete (Greece) reveals significant taxonomic and faunistic gaps and supports the first comprehensive checklist of the island's fauna. *Insects* 16(438): 1–21. <https://doi.org/10.3390/insects16050438>
- Ignatova EA (1981) On the study of attractants against codling moths in the Krasnodar Territory. Abstr. Scientific-Methodological Conf. Problems of the practical application of pheromones in the protection of agricultural crops. 21–23
- Jagel A, Dörken V (2015) Morphology and morphogenesis of the seed cones of the Cupressaceae – part II. Cupressoideae. *Bull Cupressus Conservation Proj* 4(2): 51–78
- Karpun NN (2018) [The structure of complexes of harmful organisms of woody plants in the humid subtropics of Russia]

- and the biological substantiation of protection measures]. *Dr. Biol. Thesis*. Sochi. 399 p. (In Russian)
- Karpun NN (2019) [Features of formation of dendrofagous invasive pest fauna in the humid subtropics of Russia at the beginning of the XXI century]. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii* 228: 104–119 (In Russian)
- Karpun NN, Ignatova EA (2010) [Entomofauna of dendrophagous insects in the humid subtropics of Russia]. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii* 92:109–117 (In Russian)
- Karpun NN, Petrov AV, Zhuravleva EN, Shoshina EI, Kirichenko NI, Mandelshtam MYu, Musolin DL (2024) Two invasive bark beetles *Phloeosinus armatus* Reitter and *Xylosandrus compactus* (Eichhoff) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) newly recorded in Russia. *EPPO Bull* 54: 166–181. <https://doi.org/10.1111/epp.13019>
- Karpun NN, Zhuravleva EN, Shoshina EI, Kirichenko NI (2025) [The formation of invasive areas by alien phytophages revealed in the south of Russia in 2020–2023]. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii* 254: 159–184 (In Russian) <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2025.254.159-184>
- Karpun YuN (2010) [Subtropical Ornamental Dendrology]. St. Petersburg: VVM. 580 p. (In Russian)
- Karpun YuN, Kunina VA (2014) [Species composition of ornamental woody plants massively widespread in Sochi]. *Sadovodstvo i Vinogradarstvo* 5: 43–48 (in Russian)
- Klimeshova KV, Karpun NN (2024) [Adaptive conifers assortment for use in public garden and park facilities landscaping in the coastal zone of the Sochi Black Sea region]. *Subtrop Ornament Horticult* 88: 9–20 (In Russian) <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2024-88-9-20>.
- Kovalenko MG, Lovtsova JA, Streltsov AN (2024) To the knowledge of the fauna of pyraloid moths (Lepidoptera, Pyraloidea) of Belgorod Region. *Acta Biol Sib* 10: 1087–1101. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13918005>
- Kumar S, Stecher G, Li M, Knyaz C, Tamura K (2018) MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Mol Biol Evol* 35(6): 1547–1549. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy096>
- Kuznetsov VI (1978) [Fam. Tortricidae (Olethreutidae, Cochylidae) – leaf rollers]. In: Fal'kovich MI, Medvedev GS (eds.) [Key of insects of the European part of the USSR. Vol. IV, Part 1. Lepidoptera]. Leningrad: Nauka. 193–680. (In Russian)
- Lepiforum e.V. Bestimmung von Schmetterlingen und ihren Präimaginalstadien. <https://lepiforum.org> (11.09.2025)
- Litvinskaya SA (2011) [Atlas of plants of the natural flora of the Caucasus]. Moscow: ZAO LAKOL. 364 p. (In Russian)
- Litvinskaya SA (2024) *Juniperus foetidissima*. In Geltman DV (ed) [Red Data Book of the Russian Federation: Plants and fungi. 2nd edition]. Moscow: VNII Ecologii. 556 (In Russian)
- Litvinskaya SA, Fateryga VV (2024) *Juniperus excelsa* In Geltman DV (ed) [Red Data Book of the Russian Federation: Plants and fungi. 2nd edition]. Moscow: VNII Ecologii. 555 (In Russian)
- Moraiti CA, Kadis C, Papayiannis LC, Stavrinides MC (2019) Insects and mites feeding on berries of *Juniperus foetidissima* Willd. on the Mediterranean island of Cyprus. *Phytoparasitica* 47(1): 1–7. <https://doi.org/10.1007/s12600-019-00718-1>
- Razowski J (2003) Tortricidae (Lepidoptera) of Europe 2. Olethreutinae. Bratislava: František Slamka Publisher. 301 pp.
- Sanger F, Nicklen S, Coulson AR (1977) DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proc Natl Acad Sci USA* 74(12): 5463–5467
- Shiryaeva NV (2000) [Arthropods of forest and urban plantations of the North Caucasus and their population management]. *Dr. Biol. Thesis*. Sochi. 2000. 442 p. (In Russian)
- Shiryaeva NV, Garshina TD (2000) [Harmful arthropods and parasitic mycoflora of woody plants in Sochi National Park: A handbook]. Sochi. 47 p. (In Russian)
- Shiryaeva NV (2015) [New pests of trees and shrubs in Sochi Park «Arboretum»]. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii* 211: 243–253 (In Russian)
- Shutova NN (1980) [Eastern codling moth in the USSR]. *Sbornik trudov VNIKR*. Bykovo. 5–24.
- Siegel S, Castellan NJ (1988) Nonparametric statistics for the behavioral sciences (2nd ed). New York: McGraw-Hill. 399 p.
- Sinev SYu, Nedoshivina SV, Dubatolov VV (2019) Tortricidae. In: Sinev SY (ed.) Catalogue of Lepidoptera of Russia. 2nd ed. Zoological Institute RAS: St. Petersburg, Russia. 120–156. (In Russian)
- Stryukova NM, Stryukov AA (2022) Alien insects – phytophages of agricultural, ornamental and forest plantations of the Crimea. *Plant Health Quar* 4: 16–32. <https://doi.org/10.69536/h1750-5876-4347-f>
- Šumpich J, Liška J, Laštůvka Z, Laštůvka A (2022) Motýli a housenky střední Evropy. VI. Drobní motýli II. Praha: Academia. 811 p.
- Velcheva N (2000) Faunistic notes on the Tortricidae attracted by synthetic sex pheromones for *Grapholita funebrana* Tr and *Grapholita molesta* Busck. *Plant Sci* 37: 181–187
- Volkovitsh MG, Karpun NN (2017) A new invasive species of buprestid beetles in the Russian fauna: *Lamprodila (Palmar) festiva* (L.) (Coleoptera, Buprestidae), a pest of Cupressaceae. *Entomol Rev* 97(4): 425–437. <https://doi.org/10.1134/S0013873817040042>
- WFO Plant List. World Flora Online. <https://wfoplantlist.org> (11.09.2025)

ПЕРВАЯ НАХОДКА *PAMMENE BLOCKIANA* (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE) В РОССИИ

М.Г. Коваленко<sup>1\*</sup>, Ю.А. Ловцова<sup>1</sup>, Е.Н. Акулов<sup>2</sup>, А.В. Шипулин<sup>1</sup>, С.В. Недошивина<sup>3</sup>, С. Гомбоц<sup>4</sup>,  
Н.Н. Карпун<sup>5,6</sup>, Н.И. Кириченко<sup>1,7,8\*\*</sup>

<sup>1</sup> Всероссийский центр карантина растений, Быково, Московская область

<sup>2</sup> Испытательная лаборатория Красноярского филиала Федерального центра оценки безопасности и качества  
продукции агропромышленного комплекса, Красноярск

<sup>3</sup> Зоологический институт РАН, Санкт Петербург

<sup>4</sup> Независимый исследователь, Белтинцы, Словения

<sup>5</sup> Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр РАН», Сочи

<sup>6</sup> Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

<sup>7</sup> Институт леса им. В.Н. Сукачева Сибирского отделения РАН – обособленное подразделение ФИЦ Красноярский  
научный центр СО РАН, Красноярск

<sup>8</sup> Институт экологии и географии Сибирского федерального университета, Красноярск

\*,\*\* ответственные за переписку, e-mails: bush\_zbs@mail.ru (\*), nkirichenko@yahoo.com (\*\*)

В статье сообщается о первой находке кипарисовой плодовой жорки (*Pammene blockiana*) в России. Самцы данного вида были отловлены в Сочи в мае 2025 года при помощи клеевых ловушек с синтетическим половым феромоном карантинного вредителя – восточной плодовой жорки *Grapholita molesta*. Всего было отловлено 48 самцов *P. blockiana* в семь ловушек, установленных в садах и декоративных насаждениях г. Сочи. Вид был идентифицирован по морфологическим признакам (рисунок передних крыльев и строению гениталий), а также при помощи ДНК-баркодинга. Образцы из Сочи показали низкую генетическую изменчивость (0.2% среди трёх самцов из трёх точек) и сформировали один кластер с образцами вида из Греции с максимальной генетической дистанцией 1.4%. По фрагменту гена COI митохондриальной ДНК к *P. blockiana* наиболее близка плодовая жорка *Pammene oxycedrana* с минимальной генетической дистанцией 5.4%, за которой следует *Pammene juniperana* (7.1%). Регулярные отловы в феромонные ловушки позволяют предположить, что кипарисовая плодовая жорка обитает в Сочи и встречается там отнюдь не при низкой численности. Поскольку ее гусеницы повреждают шишки кипариса и можжевельника, вид может представлять потенциальную угрозу для кипарисовых в искусственных насаждениях и в природе вдоль побережья Черного моря. В статье представлены новые данные о распространении вида, приведены фотографии бабочки и гениталий самца *P. blockiana*, а также фотографии бабочек близких видов. Указаны диагностические признаки кипарисовой плодовой жорки, позволяющие отличить ее от близкородственных видов, связанных с кипарисовыми в Европе. Обсуждаются возможные экологические последствия и риск дальнейшего распространения *P. blockiana*.

**Ключевые слова:** новая находка, листовертка, кипарис, можжевельник, феромонные ловушки, ДНК-баркодирование, Черноморское побережье России

Поступила в редакцию: 16.10.2025

Принята к печати: 30.11.2025

## НОВЫЕ НАХОДКИ ЯСЕНЕВОЙ ИЗУМРУДНОЙ УЗКОТЕЛОЙ ЗЛАТКИ *AGRILUS PLANIPENNIS* (COLEOPTERA: BUPRESTIDAE) НА ЮГЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Н.Н. Карпун<sup>1,2\*</sup>, Н.И. Кириченко<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр РАН», Сочи, Россия

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург

<sup>3</sup> Институт леса им. В.Н. Сукачева Сибирского отделения РАН –

обособленное подразделение ФИЦ Красноярский научный центр СО РАН, Красноярск

<sup>4</sup> Институт экологии и географии Сибирского федерального университета, Красноярск

\*ответственный за переписку, e-mail: [nkolem@mail.ru](mailto:nkolem@mail.ru)

Ясеновая изумрудная узкотелая златка *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) – опасный инвазионный вредитель ясеней *Fraxinus* spp. По результатам маршрутного обследования, проведенного в июле 2025 г., приводится первая находка *A. planipennis* в Республике Карачаево-Черкесия, выявлены новые очаги в Ставропольском крае (в регионе Минеральных Вод), уточнено местонахождение очагов в Краснодарском крае, впервые златка зарегистрирована в городских насаждениях г. Краснодар. В Кабардино-Балкарии и в Адыгее повреждения *A. planipennis* не обнаружены. Из общего числа выявленных очагов 70% приходилось на полевые и придорожные полосы, два очага были отмечены в скверах и один – в насаждении ботанического сада. Результаты исследования важны для прогнозирования дальнейшего распространения вредителя на Северном Кавказе.

**Ключевые слова:** инвазия, вторичный ареал, стволовый вредитель, *Fraxinus*, Северо-Западный Кавказ, угроза ясеновым насаждениям

Поступила в редакцию: 04.10.2025

Принята к печати: 24.11.2025

### Введение

Ясеновая изумрудная узкотелая златка *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae) – агрессивный вредитель ясеней *Fraxinus* spp. (Oleaceae), происходящий из Восточной Азии (Liu et al., 2003; Herms, McCullough, 2014; Schans et al., 2020). Вторичный ареал вид начал формировать в начале 1990-х гг. одновременно в Северной Америке и в Европе (Sun et al., 2024). В европейской части России вредитель был впервые выявлен в 2003 г. в Москве (Ижевский, 2007). За 20 лет златка распространилась по территории 23 административных регионов европейской части России (Орлова-Беньковская, 2013; Волкович, Мозолевская, 2014; Orlova-Bienkowskaja, 2014, 2020; Справочник..., 2019; Volkovitsh et al., 2021), а также проникла в Украину (Drogyvalenko et al., 2019) и Беларусь (Zviagintsev et al., 2025).

На юге европейской части России первые находки *A. planipennis* были зафиксированы в Ростовской области в г. Азове в 2021 г. (Orlova-Bienkowskaja, Bieńkowski, 2022). В последующие годы (2022–2024) поврежденные ясени были отмечены уже в различных районах области (Романчук и др., 2022; Касаткин, Мещерякова, 2024).

В 2022 г. ясеновая узкотелая златка была обнаружена на севере Краснодарского края (Щуров, Замотайлов, 2022). По итогам того же года только в Каневском и Усть-Лабинском участковых лесничествах Краснодарского края очаги златки охватывали 391 выдел общей площадью 1,7 тыс. га (Щуров, Замотайлов, 2023). В 2023 г. *A. planipennis* достигла долины реки Кубань в районе городов Краснодар

и Кропоткин (Щуров, Замотайлов, 2024). Севернее в том же году был задокументирован распад древостоев ясеня с формированием пневой поросли (Щуров, Замотайлов, 2024).

В январе 2023 г. златка была впервые обнаружена в Ставропольском крае – в г. Ставрополе (Журавлева, Карпун, 2023), а в октябре того же года – в г. Пятигорске (Баранчиков, Пономарев, 2024). Более того, вид был выявлен на Донбассе в придорожных насаждениях вдоль трассы Дебальцево–Луганск–Ровеньки (Martynov et al., 2024). В других субъектах юга европейской части России присутствие *A. planipennis* пока не задокументировано.

Ясеновая изумрудная узкотелая златка в естественном ареале развивается на ослабленных или отмирающих местных видах ясеней: *Fraxinus chinensis* Roxb., *F. chinensis* subsp. *rhynchophylla* (Hance) Murray, *F. mandshurica* Rupr., а также интродуцированных *F. americana* L., *F. velutina* Torr. и *F. pennsylvanica* Marshall (Liu et al., 2003). Во вторичном ареале вредитель заселяет не только ослабленные, но и внешне здоровые деревья: в Северной Америке – *F. pennsylvanica*, *F. americana*, *F. nigra* Marshall и *F. quadrangulata* Michx. (Zhao et al., 2005), в России – *F. excelsior* L. и *F. pennsylvanica* (Орлова-Беньковская, 2013; Баранчиков и др., 2024). Во вторичном ареале период от заселения до гибели дерева составляет 2–6 лет, усыхание носит вершинный характер (Волкович, Мозолевская, 2014). Наиболее интенсивное повреждение деревьев происходит в лесополосах вдоль железных и автомобильных

дорог, что указывает на ключевую роль транспорта в расселении вредителя (Романчук и др., 2022; Martynov et al., 2024).

На юге европейской части России ясень встречается в естественных лесах, в лесополосах (придорожных, полезащитных), декоративных насаждениях и коллекциях ботанических садов (Щуров, Замотайлов, 2022; Романчук и др., 2022; Касаткин, Мещерякова, 2024, Каталог..., 2003),

что создает предпосылки для дальнейшего распространения вредителя.

Цель настоящего исследования – уточнить распространение ясеневой изумрудной узкотелой златки *A. planipennis* на Северо-Западном Кавказе, что имеет важное значение для оценки рисков дальнейшей инвазии вредителя, а также разработки мер мониторинга и защиты ясеневых насаждений в данном регионе.

### Материалы и методы

Исследование проведено маршрутным методом в первой половине июля 2025 г. на территории пяти регионов – Краснодарского и Ставропольского краев, Республик Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкесия и Адыгея (рисунок 1). Протяженность обследованного маршрута составила 1880 км с расстоянием между крайними точками на западе (ст. Елизаветинская) и на востоке (г. Нальчик) по трассе – 520 км, а по прямой – 421 км.

В 34 населенных пунктах были обследованы 37 локалитетов – городские насаждения, насаждения ботанических садов (в том числе ботанический сад Кубанского государственного аграрного университета (г. Краснодар), Ставропольский ботанический сад (г. Ставрополь), ботанический сад Кабардино-Балкарского государственного университета (г. Нальчик)), а также придорожные и полезащитные лесополосы с участием ясеней обыкновенного и пенсильванского (рисунок 2).

Факт заселения ясеней *A. planipennis* устанавливали на основании внешних признаков – ажурность крон,

суховершинность, усыхание отдельных ветвей, изменение окраски и растрескивание коры, обильная поросль по стволу, и в обязательном порядке – по наличию характерных летних отверстий в форме буквы «D». При наличии признаков заселения деревьев вскрывали кору и тщательно осматривали личиночные ходы. В публичных местах и ботанических садах осмотр стволов ясеней осуществляли по договоренности с соответствующими службами. Обнаруженных в ходах под корой личинок помещали в пробирки с 95% этаноловым раствором для уточнения видовой принадлежности. На всех этапах проводили фотофиксацию с использованием цифровой камеры, встроенной в смартфон Xiaomi 11 Lite (Китай, Пекин, Xiaomi Corporation). Фиксация координат исследованных точек осмотра и находок повреждений ясеней *A. planipennis* и построение карт было выполнено с помощью сервиса Яндекс.Карты [<https://yandex.ru/maps/>]. Правильность идентификации вида была подтверждена д.б.н. М.Г. Волковичем (ЗИН РАН, Санкт-Петербург).

### Результаты и обсуждение

По результатам обследования ясеневых насаждений ясеневая изумрудная узкотелая златка была выявлена в трех регионах – Краснодарском, Ставропольском краях и в Республике Карачаево-Черкесия. Всего было отмечено

10 очагов златки (рисунок 2). В процессе обследования были выявлены многочисленные участки усыхания ясеня в придорожных и полезащитных лесополосах, уличных насаждениях и в парковом массиве, но во многих случаях

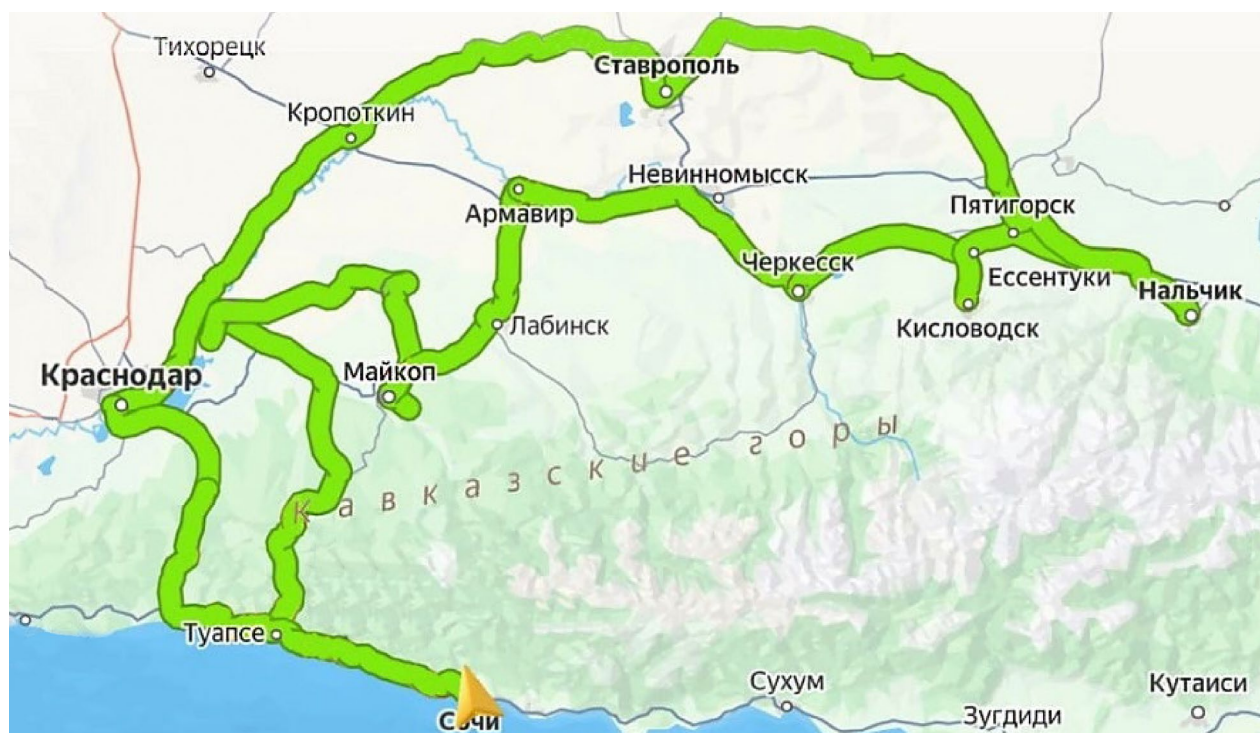


Рисунок 1. Схема маршрута обследования насаждений с участием ясеней *Fraxinus* spp. на территории юга европейской части России в июле 2025 г.

Figure 1. Survey route of *Fraxinus* spp. stands in the southern European Russia in July 2025

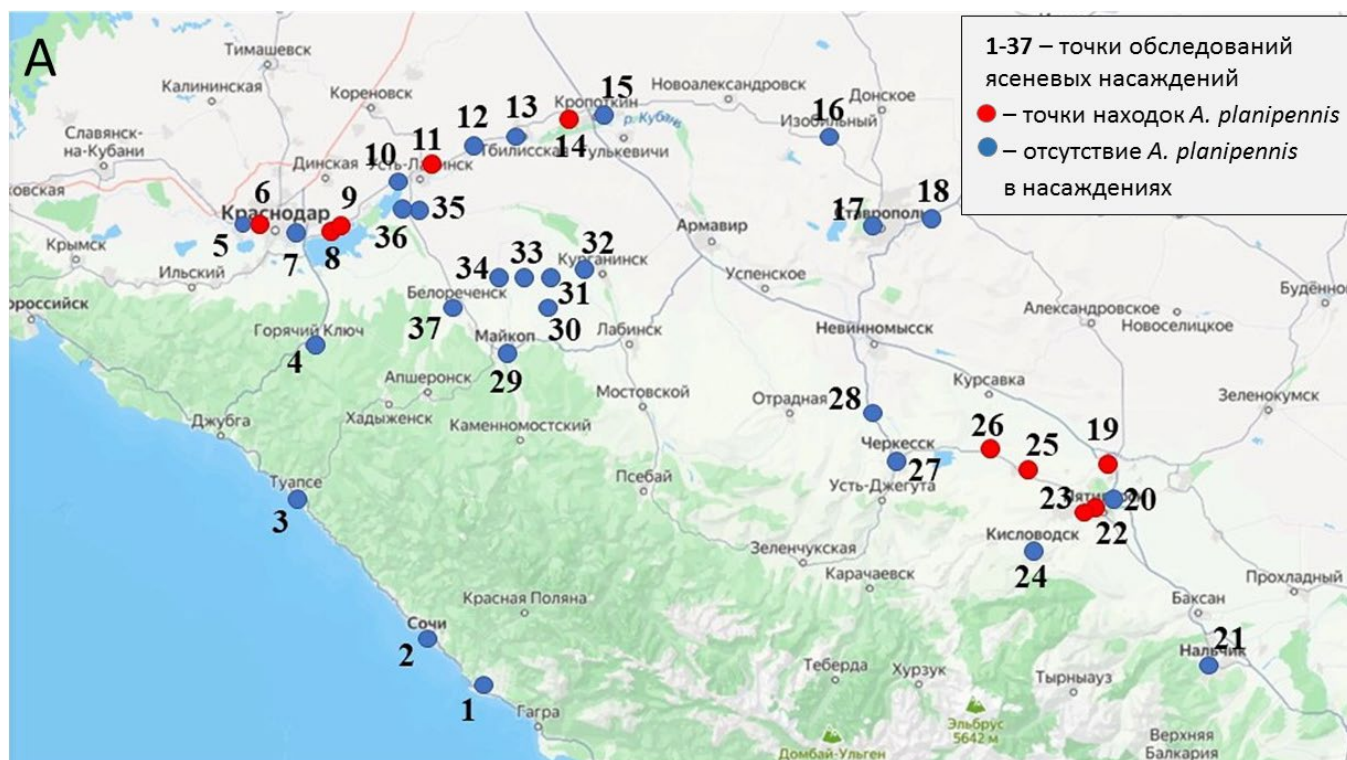


причиной усыхания была не *A. planipennis*. Так, в Краснодарском крае из 16 обследованных насаждений златка была выявлена только в пяти местах (31.2%). В Ставропольском крае из 9 обследованных насаждений вредитель стал причиной усыхания в четырех (44.4%), в Карачаево-Черкесии – в одном из трех (33.3%). В Кабардино-Балкарии и в Адыгее очагов ясеневой изумрудной узкотелой златки не было выявлено.

В Республике Карачаево-Черкесия находка ясеневой изумрудной узкотелой златки сделана впервые. Очаг был обнаружен в уличных насаждениях пос. Октябрьский (44.2519, 42.4830), недалеко от трассы Минеральные

Воды – Черкесск. Лётные отверстия златки и ходы под корой были выявлены на *F. pennsylvanica*. Обследования насаждений в г. Черкесск, а также вдоль трассы Черкесск–Невинномысск, показали отсутствие вредителя. На текущий момент выявленный в Карачаево-Черкесии очаг – единственный в республике.

В Ставропольском крае, где златка была известна по находкам 2023 г. (Журавлева, Карпун, 2023; Баранчиков, Пономарев, 2024), в 2025 г. нами были выявлены дополнительные очаги вредителя. Наиболее сильное развитие очагов было отмечено в регионе Минеральные Воды – особо охраняемом эколого-курортном регионе Северного

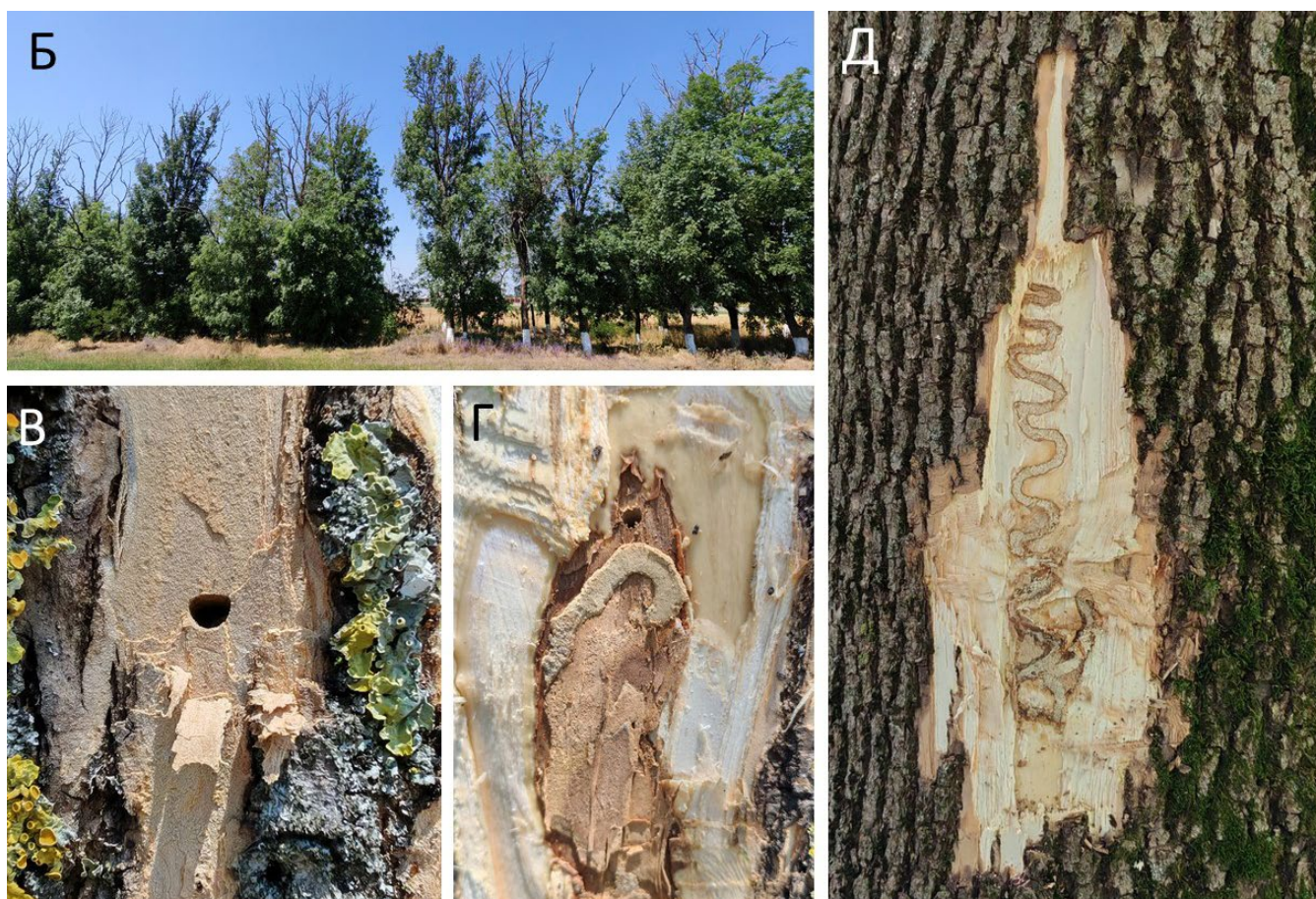


**Рисунок 2 А.** Точки обследования и находок *Agrilus planipennis* в ясеневых насаждениях на юге европейской части России в июле 2025 г. Номера точек (в порядке следования по маршруту исследования) в **Краснодарском крае**: 1 – ФТ «Сириус», дендропарк «Южные Культуры», 2 – Сочи, дендропарк санатория им. М.В. Фрунзе, 3 – г. Туапсе, 4 – г. Горячий Ключ, 5 – ст. Елизаветинская, 6 – г. Краснодар, Ботанический сад Кубанского государственного аграрного университета, 7 – г. Краснодар, мкр Пашковский, 8, 9 – ст. Старокорсунская, 10 – ст. Воронежская, 11 – г. Усть-Лабинск, 12 – ст. Ладожская, 13 – Тбилисская, 14 – ст. Казанская, 15 – г. Крпоткин, 37 – г. Белореченск; в **Ставропольском крае**: 16 – г. Изобильный, 17 – г. Ставрополь, Ставропольский ботанический сад им. В.В. Скрипчинского, 18 – с. Старомарьевка, 19 – г. Минеральные Воды, 20 – г. Пятигорск, Перкальский дендрологический парк, 22, 23 – г. Ессентуки, 24 – г. Кисловодск, 25 – ст. Суворовская; в **Республике Кабардино-Балкария**: 21 – г. Нальчик; в **Республике Карачаево-Черкесия**: 26 – п. Октябрьский, 27 – г. Черкесск, 28 – Эркен-Халкское муниципальное образование; в **Республике Адыгея**: 29 – г. Майкоп, 30 – Сергиевское сельское поселение, 31 – Дондуковское сельское поселение, 32 – аул Кошехабль, 33 – Айрюмовское сельское поселение, 34 – ст. Гиагинская, 35 – Еленовское сельское поселение, 36 – с. Красногвадейское. Точки находок ясеневой изумрудной узкотелой златки – № 6, 8, 9, 11, 14, 19, 22, 23, 25, 26

**Figure 2 A.** Survey and detection points of *Agrilus planipennis* in ash (*Fraxinus* spp.) stands in the southern European Russia in July 2025. Point numbers (listed according to their order along the survey route) in **Krasnodar Area**: 1 – Federal Territory «Sirius», Dendropark «Southern Cultures», 2 – Sochi, Dendropark of the M.V. Frunze Sanatorium, 3 – Tuapse, 4 – Goryachy Klyuch, 5 – vil. Elizavetinskaya, 6 – Krasnodar, Botanical Garden of Kuban State Agrarian University, 7 – Krasnodar, Pashkovsky microdistrict, 8, 9 – vil. Starokorsunskaya, 10 – vil. Voronezhskaya, 11 – Ust-Labinsk, 12 – vil. Ladozhskaya, 13 – Tbilisskaya, 14 – vil. Kazanskaya, 15 – Kropotkin, 37 – Belorechensk; in **Stavropol Area**: 16 – Izobilny, 17 – Stavropol, Stavropol Botanical Garden named after V.V. Skripchinsky, 18 – Staromaryevka, 19 – Mineralnye Vody, 20 – Pyatigorsk, Perkal Dendrological Park, 22, 23 – Yessentuki, 24 – Kislovodsk, 25 – vil. Suvorovskaya; in the **Republic of Kabardino-Balkaria**: 21 – Nalchik; in the **Republic of Karachay-Cherkessia**: 26 – settl. Oktyabrsky, 27 – Cherkessk, 28 – Erken-Khalk municipal formation; in the **Republic of Adygea**: 29 – Maykop, 30 – settl. Sergiyevskoye, 31 – settl. Dondukhovskoye, 32 – Koshekhahl aul, 33 – settl. Ayrumovskoye, 34 – vil. Giaginskaya, 35 – settl. Yelenovskoye, 36 – vil. Krasnogvardeiskoye.

Detection points of *A. planipennis* – 6, 8, 9, 11, 14, 19, 22, 23, 25, 26





**Рисунок 2 Б-Д.** Б – верхушечное усыхание деревьев ясеня *Fraxinus pennsylvanica* в лесополосе вдоль трассы Краснодар – Кропоткин; В-Г – характерное вылетное отверстие D-формы и ход личинки под корой (там же); Д – ход личинки златки под корой ясеня пенсильванского в ботаническом саду Кубанского государственного аграрного университета. Фото авторов

**Figure 2 Б-Д.** Б – dieback of *Fraxinus pennsylvanica* along the shelterbelt on the Krasnodar–Kropotkin route; В-Г – characteristic D-shaped exit hole and larval gallery under the bark (same location); Д – larval gallery under the bark of *F. pennsylvanica* in the Botanical Garden of Kuban State Agrarian University. Photos by the authors

Кавказа. В частности, массовое усыхание насаждений *F. pennsylvanica* было отмечено в одном из скверов г. Минеральные Воды (44.2154, 43.1182), в придорожных насаждениях в г. Ессентуки (44.0548, 42.9313), а также в сквере станицы Суворовская (44.1821, 42.6644). Помимо заселения ясеня пенсильванского, в полевых полосах на окраине г. Ессентуки со стороны г. Пятигорск (44.0509, 42.9577) был отмечен очаг златки на ясеневом обыкновенном *F. excelsior*. Большинство заселенных деревьев в выявленных очагах имели возраст более 50 лет, в то же время в ст. Суворовская заселение отмечено на молодом дереве *F. pennsylvanica* возрастом до 10 лет.

В статье В.И. Щурова и А.С. Замотайлова (2024) уже говорилось о том, что златка в 2023 г. достигла долины реки Кубань у Краснодара и Кропоткина. В этой зоне нами были отмечены довольно большие по площади и протяженности очаги в лесополосах с участием *F. pennsylvanica* вдоль трассы Краснодар – Кропоткин: в ст. Старокорсунская (45.0717, 39.3303), между ст. Старокорсунская и г. Усть-Лабинск (45.1230, 39.3918), на выезде из г. Усть-Лабинск (45.2578, 39.7834), в ст. Казанская (45.4275, 40.4429). В некоторых случаях очаги усыхания ясеня от *A. planipennis* тянулись вдоль трассы на 10 км и более.

Учитывая известные на текущий момент находки вредителя в близлежащих регионах, мы предполагаем его присутствие в Адыгее и Кабардино-Балкарии, где вид, по всей видимости, находится пока в крайне низкой численности, что объясняет отсутствие его обнаружения в этих республиках.

Обследование ботанических садов региона позволило выявить заселение ясеневой изумрудной узкотелой златкой в насаждениях ботанического сада Кубанского государственного аграрного университета на одном дереве *F. pennsylvanica* (45.0540, 38.9304). Эту находку можно считать первой находкой вредителя в городских насаждениях Краснодара. В трех других ботанических садах – Ставропольском ботаническом саду (г. Ставрополь), Перкальском дендрологическом парке (г. Пятигорск) и ботаническом саду Кабардино-Балкарского государственного университета (г. Нальчик) – в коллекциях ясеней златка нами не обнаружена.

В целом, среди выявленных очагов наибольшая их доля была отмечена в полевых и придорожных полосах (70% от общего количества выявленных очагов). Помимо этого, два очага были отмечены в скверах региона Минеральные Воды.

Выявленная тенденция к расселению златки на юге России указывает на высокую вероятность ее проникновения в горные леса Кавказа. На территории Северного Кавказа в естественных условиях и культуре произрастает 18 видов рода *Fraxinus* (Каталог..., 2003), многие из которых могут оказаться уязвимыми для инвазии. Их поражение и гибель может иметь серьезные эколого-экономические последствия, включая дестабилизацию лесных сообществ – снижение их защитных и средообразующих функций, а также утрату декоративных и культурных насаждений. Подтверждением этого служит международный опыт: в Северной Америке инвазия *A. planipennis* привела к

массовой гибели ясеневых деревьев, значительным изменениям структуры лесных экосистем и экономическим потерям (Sun et al., 2024). В этой связи крайне важно организовать постоянный мониторинг ясеневых насаждений на Северном Кавказе, внедрять превентивные меры по ограничению распространения вредителя и разрабатывать адаптивные стратегии лесопользования, направленные на сохранение биоразнообразия и устойчивости экосистем региона. Такой комплексный подход позволит минимизировать риски для лесов и сохранить их экологические, защитные и рекреационные функции.

### Заключение

Ясеновая изумрудная узкотелая златка продолжает активно расширять свой вторичный ареал на юге России. В 2025 г. вредитель впервые обнаружен в Республике Карачаево-Черкесия, выявлены новые очаги в Ставропольском крае (регион Минеральных Вод), уточнено местонахождение очагов в южной части Краснодарского края, включая документацию первой находки златки в городских

насаждениях г. Краснодара (в ботаническом саду). Тенденция к дальнейшему расселению позволяет прогнозировать возможное проникновение златки в горные леса Кавказа, где произрастают местные виды ясеня, что подчеркивает необходимость постоянного мониторинга и разработки профилактических мер по защите ясеневых насаждений.

### Благодарности

Авторы благодарят директоров ботанических садов: А.В. Лавриненко (Ботанический сад Кубанского государственного аграрного университета), В.И. Кожевникова и его сотрудников (Ставропольский ботанический сад им.

В.В. Скрипчинского), М.Т. Бахова (Ботанический сад Кабардино-Балкарского государственного университета), Д.С. Шильникова (Перкальский дендрологический парк) за радушный прием и содействие в исследованиях, а также д.б.н. М.Г. Волковича (ЗИН РАН, Санкт-Петербург) за консультации.

Исследования выполнены в рамках гранта РНФ № 22-16-00075-П.

### Библиографический список (References)

- Баранчиков ЮН, Бабичев НС, Сперанская НЮ, Демидко ДА и др. (2024) Ясеновая изумрудная узкотелая златка *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae) на Алтае (Южная Сибирь). *Сибирский лесной журнал* 5: 79–88. <https://doi.org/10.15372/SJFS20240508>
- Баранчиков ЮН, Пономарев ВИ (2024) Ясеновая изумрудная узкотелая златка (*Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888) достигла Кавказа. *Промышленная ботаника* 24(1): 69–72. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10845636>
- Волкович МГ, Мозолевская ЕГ (2014) Десятилетний “юбилей” инвазии ясеневой изумрудной узкотелой златки *Agrilus planipennis* Fairm. (Coleoptera: Buprestidae) в России: итоги и перспективы. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии* 207: 8–19.
- Журавлева ЕН, Карпун НН (2023) Первая находка ясеневой изумрудной узкотелой златки (*Agrilus planipennis* Fairmaire) в Ставрополе. *Субтропическое и декоративное садоводство* 85: 169–178. <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2023-85-169-178>
- Ижевский СС (2007) Угрожающие находки ясеневой изумрудной узкотелой златки *Agrilus planipennis* в Московском регионе. Доступ: <https://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/agrplaiz.htm>. Дата доступа: 20.09.2025
- Касаткин ДГ, Мещерякова ИС (2024) Новые данные о распространении и вредоносности *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) в Ростовской области. *Фитосанитария. Карантин растений* S4-1 (20): 36.
- Каталог культивируемых древесных растений Северного Кавказа (2003). Сочи. 100 с.
- Орлова-Беньковская МЯ (2013) Резкое расширение ареала инвазивного вредителя ясеня, златки *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera, Buprestidae), в европейской части России. *Энтомологическое обозрение* 92(4): 710–715.
- Романчук РВ, Мещерякова ИС, Поушкова СВ, Касаткин ДГ и др. (2022) К распространению ясеневой изумрудной узкотелой златки *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) на юге Ростовской области. *Экосистемы* 32: 33–41.
- Справочник по чужеродным жесткокрылым европейской части России (2019) Ливны: Издатель Мухаметов Г.В. 882 с.
- Щуров ВИ, Замотайлов АС (2022) Первые находки ясеневой изумрудной узкотелой златки *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera: Buprestidae) в Краснодарском крае. Материалы XXIV Международной научной конференции «Биологическое разнообразие Кавказа и юга России». 558–565.
- Щуров ВИ, Замотайлов АС (2023) Мониторинг древостоев ясеня (Oleaceae: Fraxinus) в современных очагах *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera: Buprestidae) на Западном Кавказе (2007–2023). Материалы XI международной научно-практической конференции «Защита растений от вредных организмов». 453–456.
- Щуров ВИ, Замотайлов АС (2024) Динамика важнейших инвазий дендрофильных насекомых (Insecta: Heteroptera, Hymenoptera, Coleoptera, Lepidoptera) в Краснодарском крае за 25 лет наблюдений. *Фитосанитария. Карантин растений* S4-2(20): 94–95.

- Drogvalenko AN, Orlova-Bienkowskaja MJ, Bieńkowski AO (2019) Record of the emerald ash borer (*Agrilus planipennis*) in UAreane is Confirmed. *Insects* 10(338): <https://doi.org/10.3390/insects10100338>
- Herns DA, McCullough DG (2014) Emerald ash borer invasion of North America: history, biology, ecology, impacts, and management. *Annual Review of Entomology* 59(1):13–30. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011613-162051>
- Liu HP, Bauer LS, Gao RT, Zhao TH et al. (2003) Exploratory survey for the emerald ash borer, *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae), and its natural enemies in China. *Great Lakes Entomologist* 36 (3):191–204.
- Martynov VV, Gubin AI, Nikulina TV, Orlatii AA (2024) [The first record of the emerald ash borer *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera, Buprestidae) in Donbass]. *Entomological Review* 104(4):54–57. <https://doi.org/10.56304/S160576782401005X>
- Orlova-Bienkowskaja MJ (2014) Ashes in Europe are in danger: the invasive range of *Agrilus planipennis* in European Russia is expanding. *Biological Invasions* 16(7):1345–1349. <https://doi.org/10.1007/s10530-013-0579-8>
- Orlova-Bienkowskaja MJ, Drogvalenko AN, Zabaluev IA, Sazhnev AS et al. (2020) Current range of *Agrilus planipennis* Fairmaire, an alien pest of ash trees, in European Russia and UAreane. *Annals Forest Sci* 77:1–14. <https://doi.org/10.1007/s13595-020-0930-z>
- Orlova-Bienkowskaja MJ, Bieńkowski AO (2022b) Southern range expansion of the emerald ash borer, *Agrilus planipennis*, in Russia threatens ash and olive trees in the Middle East and Southern Europe. *Forests* 13:541. <https://doi.org/10.3390/f13040541>
- Schans J, Schrader G, Delbianco A, Graziosi I, Vos S (2020) Pest survey card on *Agrilus planipennis*. *EFSA Supporting Publ* 17:1945E
- Sun J, Koski TM, Wickham JD, Baranchikov YN, Bushley KE (2024) Emerald ash borer management and research: decades of damage and still expanding. *Ann Rev Entomol* 69:239–258. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-012323-032231>
- Volkovitch MG, Bieńkowski AO, Orlova-Bienkowskaja MJ (2021) Emerald ash borer approaches the borders of the European Union and Kazakhstan and is confirmed to infest European ash. *Forests* 12:691. <https://doi.org/10.3390/f12060691>
- Zhao TH, Gao RT, Liu HP, Bauer LS, Sun LQ (2005) Host range of emerald ash borer, *Agrilus planipennis* Fairmaire, its damage and the countermeasures. *Acta Entomologica Sinica* 48 (4): 594–599.
- Zviagintsev VB, Kirichenko NI, Chernik MI, Seraya LG, Baranchikov YuN (2025) The Emerald ash borer *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae) invaded Belarus. *Acta Biologica Sibirica* 11:847–861. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16744135>

#### Translation of Russian References

- Baranchikov YuN, Babichev NS, Speranskaya NYu, Demidko DA et al. (2024) [Emerald ash borer *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae) in Altai (Southern Siberia)]. *Siberian Journal of Forest Science* 5: 79–88 (In Russian) <https://doi.org/10.15372/SJFS20240508>
- Baranchikov YuN, Ponomarev VI (2024) [The emerald ash borer (*Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888) has reached the Caucasus]. *Promishlennaya botanika* 24(1): 69–72 (In Russian) <https://doi.org/10.5281/zenodo.10845636>
- Volkovich MG, Mozolevskaya YeG (2014) [The tenth anniversary of the invasion of the Emerald ash borer *Agrilus planipennis* Fairm. (Coleoptera: Buprestidae) in Russia: results and prospects]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii* 207: 8–19. (In Russian)
- Zhuravleva YeN, Karpun NN (2023) [The first discovery of the emerald ash borer (*Agrilus planipennis* Fairmaire) in Stavropol]. *Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo* 85: 169–178. (In Russian) <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2023-85-169-178>
- Izhavkiy SS (2007) [Threatening findings of the Emerald ash borer *Agrilus planipennis* in the Moscow region]. Access: <https://www.zin.ru/Animalia/Coleoptera/rus/agrplaiz.htm>. 20.09.2025 (In Russian)
- Kasatkin DG, Meshcheryakova IS (2024) [New data on the distribution and impact of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) in the Rostov region]. *Fitosanitariya. Karantin rastenii* S4-1 (20): 36. (In Russian)
- Catalog of cultivated woody plants of the North Caucasus (2003). Sochi. 100 p. (In Russian)
- Orlova-Bienkowskaja MJ (2013) [Dramatic expansion of the range of invasive ash pest, *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera, Buprestidae) in European Russia]. *Энтомологическое обозрение* 92(4): 710–715. (In Russian)
- Romanchuk RV, Meshcheryakova IS, Poushkova SV, Kasatkin DG et al. (2022) [The distribution of the emerald ash borer *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) in the south of the Rostov region]. *Ekosistemy* 32: 33–41. (In Russian)
- Handbook of alien Coleoptera of the European part of Russia (2019) Livny: Izdatel' Mukhametov G.V. 882 p. (In Russian)
- Shchurov VI, Zamotaylov AS (2022) [The first findings of the emerald ash borer *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera: Buprestidae) in Krasnodar region]. Proc. XXIV Internat. Scientific Conf. «Biological Diversity of the Caucasus and Southern Russia». 558–565. (In Russian)
- Shchurov VI, Zamotaylov AS (2023) [Monitoring of the ash stands (Oleaceae: *Fraxinus*) in modern foci of *Agrilus planipennis* Fairmaire, 1888 (Coleoptera: Buprestidae) in the West Caucasus (2007–2023)]. Proc. XI Internat. scientific and practical conf. «Protection of plants from harmful organisms». 453–456. (In Russian)
- Shchurov VI, Zamotaylov AS (2024) [Dynamics of the most important invasions of dendrophilous insects (Insecta: Heteroptera, Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera) in the Krasnodar territory over 25 years]. *Fitosanitariya. Karantin rastenii* S4-2(20): 94–95. (In Russian)
- Drogvalenko AN, Orlova-Bienkowskaja MJ, Bieńkowski AO (2019) Record of the emerald ash borer (*Agrilus planipennis*) in UAreane is Confirmed. *Insects* 10 (338). <https://doi.org/10.3390/insects10100338>
- Herns DA, McCullough DG (2014) Emerald ash borer invasion of North America: history, biology, ecology, impacts, and management. *Annual Review of Entomology* 59(1): 13–30. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011613-162051>
- Liu HP, Bauer LS, Gao RT, Zhao TH et al. (2003) Exploratory survey for the emerald ash borer, *Agrilus planipennis*



- (Coleoptera: Buprestidae), and its natural enemies in China. *Great Lakes Entomologist* 36 (3): 191–204.
- Martynov VV, Gubin AI, Nikulina TV, Orlatii AA (2024) [The first record of the emerald ash borer *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera, Buprestidae) in Donbass]. *Entomological Review* 104(4):54–57. <https://doi.org/10.56304/S160576782401005X> (In Russian)
- Sun J, Koski TM, Wickham JD, Baranchikov YN, Bushley KE (2024) Emerald ash borer management and research: decades of damage and still expanding. *Annual Review of Entomology*, 69: 239–258. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-012323-032231>.

Plant Protection News, 2025, 108(4), p.276–282

OECD+WoS: 1.06+IY (Entomology)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-4-17427>

### Short communication

## NEW RECORDS OF THE EMERALD ASH BORER *AGRILUS PLANIPENNIS* FAIRMAIRE (COLEOPTERA: BUPRESTIDAE) IN THE SOUTHERN EUROPEAN RUSSIA

N.N. Karpun<sup>1,2\*</sup>, N.I. Kirichenko<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Sochi, Russia

<sup>2</sup> Saint Petersburg State Forest Technical University, Saint Petersburg, Russia

<sup>3</sup> Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Center “Krasnoyarsk Science Center SB RAS”, Krasnoyarsk, Russia

<sup>4</sup> Institute of Ecology and Geography, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

\*corresponding author, e-mail: [nkolem@mail.ru](mailto:nkolem@mail.ru)

The emerald ash borer *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae) is a dangerous invasive pest of ashes, *Fraxinus* spp. Based on the results of a survey conducted in July 2025, the first record of *A. planipennis* in the Karachay-Cherkess Republic is reported, new foci were detected in Stavropol Territory (Mineralnye Vody region), and the locations of foci were clarified in Krasnodar Territory, including the first record of the pest in urban plantings in the city of Krasnodar. No *A. planipennis* presence was revealed in the Kabardino-Balkaria or Adygea republics. Of the total number of detected foci, 70% were located in shelterbelts and roadside plantings, two foci were recorded in city parks, and one in a botanical garden. The results of the study are important for predicting the further spread of the pest in the North Caucasus.

**Keywords:** invasion, secondary range, buprestid pest, *Fraxinus*, Northwest Caucasus, threat to ash stands

Submitted: 04.10.2025

Accepted: 24.11.2025



**ПРИМЕНЕНИЕ ХИЩНЫХ КЛОПОВ *ORIUS LAEVIGATUS* И *ORIUS STRIGICOLLIS* (HETEROPTERA: ANTHOCORIDAE) ПРОТИВ *FRANKLINIELLA OCCIDENTALIS* (THYSANOPTERA: TRIPIDAE) НА СЕНПОЛИЯХ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ ПЕТРА ВЕЛИКОГО**

**Е.А. Варфоломеева<sup>1</sup>, И.М. Пазюк<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup> Ботанический Институт им. В.Л. Комарова, Санкт-Петербург

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

\*ответственный за переписку, e-mail: [ipazyuk@gmail.com](mailto:ipazyuk@gmail.com)

В работе представлены результаты выпусков хищных антокорид *Orius laevigatus* и *O. strigicollis* против западного цветочного трипса на сеньполиях в оранжерее. В зимне-весенний период численность трипсов сократилась до 0.1 трипсов на цветок а биологическая эффективность составила 94 % и 96 % при применении *O. laevigatus* и *O. strigicollis*, соответственно. В летний период численность трипсов упала до 0.1 и 0.04 трипсов на цветок, биологическая эффективность составила 95 % и 98 %, соответственно. На эффективность потребления трипсов клопами повлиял сезон выпуска: клопы больше хищничали в летний период, когда температура была выше, что подтверждается данными других исследователей.

**Ключевые слова:** биометод, биологическая эффективность, хищные антокориды, ботанический сад, сеньполии

Поступила в редакцию: 12.10.2025

Принята к печати: 03.12.2025

### Введение

Опасный инвазионный вредитель западный цветочный трипс *Frankliniella occidentalis* (Pergande) появился в оранжереях Ботанического сада им. Комарова В.Л. БИН РАН в конце 90-х годов 20 века. Его вредоносность заключается в широкой пищевой специализации, благодаря которой фитофаг способен повреждать более 500 видов растений, включая такие цветущие растения как сеньполии (*Saintpaulia* spp.). Он также является переносчиком патогенных для растений вирусов (неопубликованные данные). В связи с тем, что в Ботаническом саду круглый год проводятся экскурсии, применение химической защиты растений против вредителей сокращено, а широко задействованы биологические методы защиты. Важным этапом в борьбе с западным цветочным трипсом является мониторинг растений и применение клеевых ловушек для раннего обнаружения вредителя. Так как часть жизненного цикла фитофага проходит в почве (значительная часть нимфы и прониимфа уходят в почву), для его контроля используют препараты на основе энтомопатогенных нематод – Немабакт и Энтонем F, чья эффективность после однократного применения достигает 95 % (Варфоломеева, Наумова, 2014). Против имаго и личинок западного цветочного трипса, которые чаще обитают в бутонах и цветках растений, эффективно применяют споровую смесь боверина и вертициллина (неопубликованные данные). Существует также опыт применения хищных клопов хищников-крошек ориусов из семейства Anthocoridae в оранжереях Ботанических садов (наши наблюдения) и при выращивании декоративных растений в теплицах.

В нашей работе представлены два вида хищных клопов-крошек *Orius laevigatus* (Fieber) и *O. strigicollis*

(Poppius) ранее известный как *O. similis* (Ali et al., 2020a). *O. laevigatus* – западно-палеарктический вид, обитающий в Европе (на север до Нидерландов), Северной Африке (не южнее Марокко) и Азии (на восток до Пакистана) (Трапезникова, 2012, Перова и др., 2024). Этот вид успешно апробировался против белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.), тли *Myzus persicae* (Sulz.), паутинного клеща *Tetranychus urticae* Koch. Но благодаря его предпочтениям, в основном его широко используют против трипсов, в частности западного цветочного трипса *Frankliniella occidentalis* (Perg.) (Pazyuk et al., 2024), а также разноядного *Frankliniella intonsa* Tryb., табачного *Thrips tabaci* L. (Сапрыкин, Пазюк, 2003) и американского *E. americanus* трипсов (Suvak, 2011). *O. strigicollis* – азиатский вид, распространенный на Корейском полуострове, в Южной Японии, в Южном Китае и на Тайване (Hinamoto et al., 2009, Jung et al., 2011, Tuan et al., 2016, Yu et al., 2021). Этот вид питается на широком круге сосущих вредителей, таких как тля *Aphis gossypii*, клещ *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) (Ali et al., 2020a) и другие. Он также поедает яйца либо только что вышедших гусениц чешуекрылых, например моли *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Ali et al., 2020b). *O. strigicollis* является успешным хищником трипсов *Frankliniella formosae* (Moulton), *Megalurothrips usitatus* (Bagnall) и *Thrips palmi* Karny (Ali et al., 2020a, Fu et al., 2025, Kim et al., 2004).

В Ботаническом Саду имени Петра Великого БИН РАН был проведен пробный эксперимент по выпуску смеси видов ориусов (*O. laevigatus*, *O. strigicollis*, *O. majusculus*) против западного цветочного трипса на кактусах, который показал положительный эффект от их применения

в соотношении 1:5, 1:10 (неопубликованные данные). В настоящем работе мы сравниваем биологическую эффективность двух видов *Orius laevigatus* и *Orius strigicollis* на

сенполиях в оранжерее № 10 в зимне-весенний и летний периоды.

### Материалы и методы

В экспериментах испытывали две лабораторные культуры хищных клопов *Orius laevigatus* и *O. strigicollis* (Heteroptera, Anthocoridae). Культура *O. laevigatus* была получена в 1996 году от фирмы Биобест (Biobest), а культура *O. strigicollis* – в 2010 году от фирмы Сесил (Sesil). Содержание обеих культур осуществлялось по одинаковой методике (Pazyuk et al., 2025) с использованием в качестве субстрата для откладки яиц стеблей фасоли либо листьев каланхое Дегремона, а в качестве корма – яиц зерновой моли *Sitotroga cerealella*.

В разводочной оранжерее №10 Ботанического Сада им. Петра Великого на двух разных участках взрослых цветущих растений сенполий проводили выпуски имаго хищных клопов *O. laevigatus* и *O. strigicollis* в зимне-весенний (февраль–март) и летний (июнь–июль) периоды. Участки выпусков состояли из 42 и 45 растений. Контрольный участок (без выпуска хищников) – 42 растения. В каждый из сезонов проводили однократные выпуски ориусов в

норме по 100 особей на участок, предварительно сделав учет всех подвижных стадий трипсов в цветках сенполий. Дальнейшие учеты трипсов проводили каждые 48–72 часа в течение 20–21 суток. Учеты трипсов на каждом из участков проводили в 15–25 цветках сенполий. Средние дневные и ночные температуры в оранжерее в зимне-весенний период составляли +27°C и +18°C, а в летний – +31°C и +19°C, соответственно. Биологическую эффективность хищных ориусов учитывали при помощи формулы Хендерсона-Тилтона с поправкой на контроль.

Полученные данные не соответствовали нормальному распределению при оценке с помощью критерия Шапиро-Вилка, в связи с чем сравнительный анализ данных проводили, используя непараметрический критерий Краскала-Уолиса. Для оценки влияния факторов «сезон» и «вид клопа» использовали Генеральную Линейную Модель (GLM). Все расчеты проводили в программе SYSTAT 12.

### Результаты и обсуждение

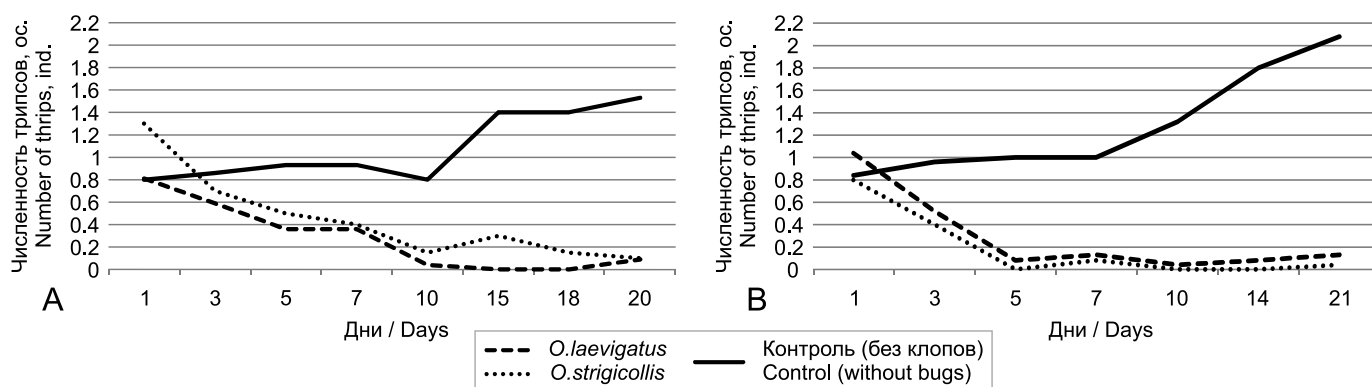
В зимне-весенний период (февраль–март) численность западного цветочного трипса при выпуске как *O. laevigatus*, так и *O. strigicollis* снизилась в 9–13 раз за 20 дней и составила  $0.1 \pm 0.06$  и  $0.1 \pm 0.07$  трипсов на цветок сенполии, соответственно. В это время на контрольном участке (без выпуска хищных клопов) численность трипсов возросла в два раза и составила  $1.5 \pm 0.17$  трипсов на цветок (Рис. 1 А). В летний период (июнь–июль) численность трипсов при выпуске хищников сократилась в 10–20 раз и составила  $0.1 \pm 0.07$  и  $0.04 \pm 0.04$  трипсов на цветок через 21 день после выпуска *O. laevigatus*, так и *O. strigicollis*, соответственно (Рис. 1., В). На контрольном участке количество трипсов возросло в 2.5 раза до  $2.1 \pm 0.10$  трипсов на цветок сенполии.

Биологическая эффективность (с учетом контроля) была во всех вариантах выпуска хищных ориусов высокой и составляла в зимне-весенний период 94.2% и 95.9% при применении *O. laevigatus* и *O. strigicollis*, соответственно, и 95% и 98% в летний период (Рис. 2).

GLM анализ показал, что вид клопа не имел значения при выпуске против западного цветочного трипса: оба вида хищных ориусов работали примерно одинаково ( $P=0.46678$ ) (Таб. 1). Однако, значение имел сезон выпуска хищников ( $P=0.00333$ ). В летнее время снижение трипсов и, соответственно, биологическая эффективность были выше, чем в зимне-весенний период.

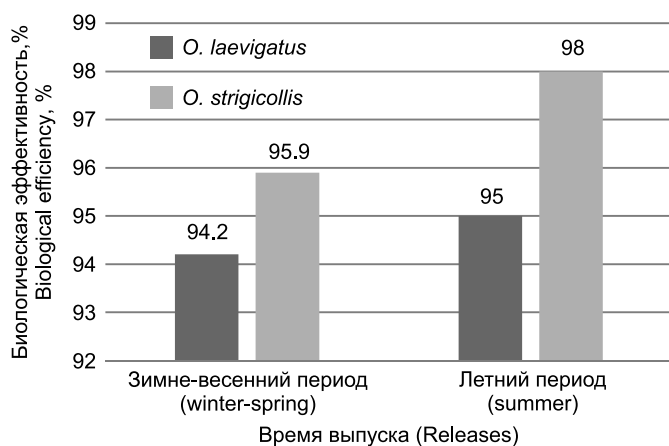
В нашем эксперименте хищные клопы ориусы питались интенсивнее в летний период, чем в зимне-весенний (Рис. 1, 2, Таб.1) вероятнее всего в связи с более высокими температурами в летнее время (см. Материалы и методы). Такой эффект (повышение потребления жертв с повышением температуры) наблюдали как у *O. laevigatus*, так и у *O. strigicollis*, а также у других видов ориусов (Cocuzza et al., 1997; Zhang et al., 2024).

В литературе показана работа различных видов ориусов против трипсов и других вредителей. Так, например, применение клопа *O. insidiosus* (Say) против трипсов на хризантемах в теплицах Бразилии выявило, что после



**Рисунок 1.** Динамика численности Западного цветочного трипса при выпусках хищных клопов *Orius laevigatus* и *O. strigicollis* в зимне-весенний период (А) и в летний период (В)

**Figure 1.** Western flower thrips density dynamics during release of bugs *Orius laevigatus* and *O. strigicollis* on saintpaulias in winter-spring (A) or summer (B)



**Рисунок 2.** Биологическая эффективность (с учетом контроля) хищных клопов *Orius laevigatus* и *O. strigicollis* при выпусках против Западного цветочного трипса на сеньполиях

**Figure 2.** Biological efficiency (control corrected) at releases predatory bugs *Orius laevigatus* and *O. strigicollis* against Western flower thrips on saintpaulias

пяти выпусков хищника через 7 недель численность трипсов сократилась до 0.3–0.4 особи на растение. В это время не было обнаружено каких-либо повреждений растений трипсами (Silveira et al., 2004). Однако, применение *O. insidiosus* на таких растениях как цикламены (*Cyclamen* spp.) и хризантемы (*Chrysanthemum* spp.) зависело от использования в теплицах растений резерватов для выращивания перцев (Valentin, 2013). Применение хищного клопа *O. laevigatus* Fieb. в оранжереях против трипса *Echinothrips*

**Таблица 1.** Влияние сезона и вида клопа на снижение численности западного цветочного трипса на сеньполиях. Результат анализа ГЛМ

**Table 1.** Influence of season or bug species to Western flower thrips number decrease on Saintpaulias. The Results of GLM Analysis

Факторы/ Factors	df	F-ratio	P-value
Сезон (зимне-весенний / летний) Season (winter-spring/ summer)	1	8.67812	0.00333
Вид клопа (Species) ( <i>O. laevigatus</i> / <i>O. strigicollis</i> )	1	0.53019	0.46678

*americanus* (Morgan) на акалифе щетинистой *Acalypha hispida* Burm. после трехкратного выпуска показало положительный результат (Suvak, 2011). Однако хищник не задерживался в оранжерее долго и его эффективность зависела от выпуска новых особей. Эффективными оказались и выпуски *Orius* sp. против тлей на розе сорта Taif в норме 50 и 100 особей на одно растение (Sayed, Montaser, 2012). За месяц количество тлей снизилось с 25–35 особей на лист до 2–3 особей на лист.

В нашем случае эффективность двух видов ориусов (*O. laevigatus* и *O. strigicollis*) была высокой, однако мы оценивали ее при небольшом временном интервале 20–21 сутки. В дальнейшем требуются более долгосрочные эксперименты и возможно, многократные выпуски. Но уже сейчас можно сделать вывод об успешности применения данных видов в оранжереях на сеньполиях.

### Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания по плановым темам «История создания, состояние, потенциал развития живых коллекций растений Ботанического сада Петра Великого БИН РАН» (№ 124020100075-2) и «Научное обеспечение скрининга членистоногих-энтомофагов для создания систем биологической защиты растений в тепличном растениеводстве и органическом земледелии» (№ FGEU-2025-0004).

### Библиографический список (References)

- Варфоломеева ЕА, Наумова НИ (2014) Перспективы применения биометода в оранжереях Ботанического сада. *Вестник защиты растений* 3:71
- Перова ТД, Резник СЯ, Козлова ЕГ, Кабак ИИ и др (2024) Адаптация ставропольской популяции клопа *Orius laevigatus* (Fieber) (Heteroptera, Anthocoridae) к условиям массового разведения. *Энтомологическое обозрение* 103(4):351–361
- Сапрыкин АА, Пазюк ИМ (2003) Биологическая борьба с трипсами: применение и разведение хищных клопов ориусов. *Гавриши* 3:26–29
- Трапезникова ОВ (2012) Биологическое обоснование массового разведения клопа *Orius laevigatus* Fieb. (Heteroptera, Anthocoridae). *Дисс. на соиск. уч. степен. к.б.н.* 176
- Ali S, Li S, Jaleel W, Khan MM et al (2020b) Using a two-sex life table tool to calculate the fitness of *Orius strigicollis* as a predator of *Pectinophora gossypiella*. *Insects* 11:75. <https://doi.org/10.3390/insects11050275>
- Ali S, Zhu Q, Jaleel W, Rehman SU et al (2020a) Determination of fitness traits of *Orius strigicollis* Poppius (Hemiptera: Anthocoridae) on *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera: Gelechiidae) using two-sex life table analysis. *PeerJ* 8:e9594. <https://doi.org/10.7717/peerj.9594>
- Cocuzza GE, De Clercq P, Lizzio S, Van de Veire M et al (1997) Life tables and predation activity of *Orius laevigatus* and *O. albidipennis* at three constant temperatures. *Entomol Experiment Appl* 85:189–198
- Fu Z, Cheng Y, Cui Y, Xiong Ch et al (2025) Evaluation of the predatory function of *Orius strigicollis* (Poppius) (Hemiptera: Anthocoridae) on *Megalurothrips usitatus* (Bagnall) (Thysanoptera: Thripidae) *Insects* 16:236. <https://doi.org/10.3390/insects16030236>
- Jung S, Yasunaga T, Lee S (2011) Taxonomic review of the genus *Orius* (Heteroptera: Anthocoridae) in the Korean Peninsula. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 14:64–74
- Kim D-I, Park J-D, Kim S-G, Kim S-S et al (2004) Biological control of *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae) with *Orius strigicollis* (Hemiptera: Anthocoridae) on cucumber in plastic houses in the Southern Region of Korea. *J Asia Pacific Entomol* 7(3):311–315
- Pazyuk IM, Mitina GV, Chogloкова АА (2024) Evaluation of the primary behavioral response of the predatory bug *Orius laevigatus* (Fieber) (Heteroptera: Anthocoridae) to volatile

- organic compounds of entomopathogenic fungi of the genus *Lecanicillium*. *Entomological Review* 104(1):16–22
- Pazyuk IM, Reznik SYa, Belyakova NA (2025) Wheat seedlings as a nymphal rearing substrate for the predatory bug *Orius laevigatus* (Fieber) (Heteroptera, Anthocoridae). *Entomological Review* 105(8):45–49
- Sayed SM, Montaser MM (2012) Preliminary molecular characterization and utilisation of native *Orius* sp. (Hemiptera: Anthocoridae) for controlling aphids infesting Taif's rose. *Arch Phytopathol Plant Protect* 45:3 373–380
- Silveira LCP, Bueno VHP, van Lenteren JC (2004) *Orius insidiosus* as biological control agent of Thrips in greenhouse chrysanthemums in the tropics. *Bull Insectol* 57(2):103–109
- Suvak M (2011) Predatory and parasitic insects in greenhouses of Botanical Garden of P.J. Šafárik University in Košice, Slovakia. *Thaiszia J Bot* 21:185–205
- Valentin R (2013) Are thrips still bugging you? <https://gpnmag.com/article/are-thrips-still-bugging-you/> (05.12.2025)
- Zhang B, Yang D, Zhang J, Yang N et al (2024) Short-term temperature changes affected the predation ability of *Orius similis* on *Bemisia tabaci* nymphs. *J Econ Entomol* 117(6):1–11

#### Translation of Russian References

- Perova TD, Reznik SYa, Kozlova EG, Kabak II et al (2024) [Adaptation of the Stavropol population of the predatory bug *Orius laevigatus* (Fieber) (Heteroptera, Anthocoridae) to mass rearing conditions] *Entomologicheskoye obozreniye* 103(4):351–361 (In Russian)
- Saprykin AA, Pazyuk IM (2003) [Biological control of thrips: use and breeding of predatory bugs *Orius*]. *Gavrish* 3:26–29 (In Russian)
- Trapeznikova OV (2012) [Biological justification for mass rearing of the bug *Orius laevigatus* Fieb. (Heteroptera, Anthocoridae)]. *Diss. na soisk. uch. step. k.b.n.* (In Russian)
- Varfolomeeva EA, Naumova NI (2014) [Prospects of biocontrol application in greenhouses of botanical garden]. *Entomological Review* 3:71–72 (In Russian)

Plant Protection News, 2025, 108(4), p. 283–286

OECD+WoS: 1.06+IY (Entomology)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-4-17443>

#### Short communication

### THE RELEASE OF PREDATORY BUGS *ORIOUS LAEVIGATUS* AND *ORIOUS STRIGICOLLIS* (HETEROPTERA: ANTHOCORIDAE) AGAINST *FRANKLINIELLA OCCIDENTALIS* ON SAINTPAULIAS IN THE PETER THE GREAT BOTANICAL GARDEN

E.A. Varfolomeeva<sup>1</sup>, I.M. Pazyuk<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia  
All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

\*corresponding author, e-mail: [ipazyuk@gmail.com](mailto:ipazyuk@gmail.com)

The predatory anthocorids *Orius laevigatus* and *O. strigicollis* were released against the Western flower thrips on *Saintpaulia* spp. in a greenhouse. In the winter-spring period, the thrips population decreased to 0.1 thrips per flower, and the biological efficiency was 94 and 96% when *O. laevigatus* and *O. strigicollis* were used, respectively. In the summer, the thrips population decreased to 0.1±0.07 and 0.04±0.04 thrips per flower, and the biological efficiency was 95% and 98%. The efficiency depended on the season: bugs were more voracious in the summer, when the temperature was higher, which is confirmed by the observations of other researchers.

**Keywords:** biocontrol, biological efficiency, predatory anthocorids, botanical garden, saintpaulias

Submitted: 12.10.2025

Accepted: 03.12.2025

## ПОДАВЛЕНИЕ ГЕНОВ ЗАЩИТНОГО ОТВЕТА ЛЮЦЕРНЫ ХМЕЛЕВИДНОЙ НА ИНФЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ ЭФФЕКТИВНОГО СИМБИОЗА С ГРИБОМ АРБУСКУЛЯРНОЙ МИКОРИЗЫ *RHIZOPHAGUS IRREGULARIS*

А.П. Юрков<sup>\*1</sup>, А.А. Крюков<sup>1</sup>, Т.Р. Кудряшова<sup>1</sup>, А.И. Беляева<sup>1</sup>, М.Ф. Шишова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург

<sup>\*</sup>ответственный за переписку, e-mail: [ap.yurkov@arriam.ru](mailto:ap.yurkov@arriam.ru)

В работе проведена оценка влияния микоризации на экспрессию генов, относящихся к группам генной онтологии GO:0050832 (защитный ответ на грибную инфекцию) и GO:0042742 (защитный ответ на бактериальную инфекцию) при развитии эффективного симбиоза в модельной системе “*Medicago lupulina* + *Rhizophagus irregularis*”. Оценка экспрессии генов проведена методом массового анализа концов кДНК (MACE-Seq). В вегетационных условиях при низком уровне доступного для питания растений фосфора в субстрате в листьях *M. lupulina* выявлена негативная регуляция 44 и 42 генов групп защитного ответа на грибную и бактериальную инфекции, соответственно, в фазу развития второго листа и фазу цветения. Показаны существенно более низкие уровни экспрессии генов (ортологи *Medtr1g021100*, *Medtr1g021110*), кодирующих белки устойчивости к мучнистой росе RPW8, при микоризации грибом *R. irregularis* как в вегетативную, так и в репродуктивную фазы развития растения. Обсуждается роль гриба арбускулярной микоризы в формировании неспецифической реакции на патогенные микроорганизмы при развитии эффективного симбиоза.

**Ключевые слова:** *Medicago lupulina*, микоризный симбиоз, арбускулярная микориза, мучнистая роса

Поступила в редакцию: 01.10.2025

Принята к печати: 28.11.2025

### Введение

Развитие арбускулярной микоризы (АМ), формируемой грибами отдела Glomeromycota, усиливает питание растений, особенно фосфорное, и стимулирует процессы фотосинтеза (Marwanto et al., 2024; Umer et al., 2025). АМ-грибы способствуют адаптации растений к стрессовым факторам среды, способствуют защите от болезней, вызываемых патогенными грибами и бактериями (Han et al., 2023; Martin, van der Heijden, 2024), в том числе почвенными микроорганизмами (Wang et al., 2022; Han et al., 2023). В связи с этим перспективным направлением исследований является разработка препаратов на основе грибов АМ для борьбы с заболеваниями культурных растений. Однако известны случаи негативного влияния грибов АМ на развитие иммунных реакций у растения-хозяина на действие патогенов, что связано с тем, что некоторые эффекторы, способствующие микоризации, противодействуют иммунной программе растения-хозяина (Kloppholz et al., 2011). Кроме того, неоднозначно влияние АМ на иммунитет растений к заболеваниям побегов (Pozo, Azcón-Aguilar, 2007; Kaur, Suseela, 2020). Разработка

эффективных микоризных инокулянтов осложняется и тем, что механизмы взаимодействия растений с микросимбионтами, как мутуалистами, так и паразитами, до сих пор до конца не изучены.

Остается открытым вопрос о специфичности влияния грибов АМ разных видов на иммунитет растения-хозяина (Xavier, Boyetchko, 2003; Kaur, Suseela, 2020). Вопрос о влиянии микоризации на транскриптом листьев, включая гены, задействованные в реакции растения-хозяина на действие патогенов, в условиях отсутствия патогенеза практически не изучен. Слабо исследованы высокоэффективные растительно-микробные системы (РМС), обладающие кратным откликом на микоризацию. Целью настоящего исследования было оценить влияние гриба АМ на экспрессию генов защитного ответа на грибную и бактериальную инфекцию (группы GO:0050832 и GO:0042742, соответственно) в эффективной модельной РМС “MIS-1 *Medicago lupulina* + *Rhizophagus irregularis*” в условиях низкого уровня доступного для питания растений фосфора в субстрате.

### Материалы и методы

Растительный и грибной материал. Использовали сильно отзывчивую на микоризацию линию MIS-1 люцерны хмелевидной (*Medicago lupulina*) и высокоэффективный штамм RCAM00320 *Rhizophagus irregularis*. Гриб является облигатным симбионтом растений, поэтому культура гриба АМ выращена на плектрантусе южном в лаборатории №4

ФГБНУ ВНИИСХМ. Приготовление АМ-инокулянта, условия роста, показатели роста и развития модельной РМС описаны ранее (Yurkov et al., 2025). Инокуляция проведена из расчета не менее 100 везикул АМ-гриба на 1 проросток *M. lupulina*.



Схема эксперимента и условия выращивания растений. Микровегетационный метод обеспечил оптимальные условия для развития АМ и позволил избежать спонтанного заражения ризобиями и другими симбиотическими микроорганизмами. Субстрат для выращивания: почва и песок в соотношении 2:1. Агрохимическая характеристика почвы: дерново-подзолистая суглинистая почва с низким содержанием доступного для питания растений фосфора – 23 мг  $P_2O_5$ /кг, с содержанием калия – 78 мг  $K_2O$ /кг (по Кирсанову); содержание органического вещества – 3.6%;  $pH_{KCl}$  – 6.4. Семена *M. lupulina* подвергали скарификации в течение 5 мин в концентрированной  $H_2SO_4$ , затем стратифицировали в течение 1 сут. при температуре +5°C и проращивали в течение 2 сут. при температуре +27°C в темноте. Половину растений инокулировали грибом АМ при посадке в сосуды, наполненные 210 г почво-песчаной смеси (по 2 проростка на 1 сосуд). Полив растений проводили через день, исходя из расчета 0.6 полной влагоемкости субстрата. Режим дня/ночи в фитобоксе: 18 ч./6 ч. при 24–26°C, фотосинтетически активная радиация – 150 мкмоль/м<sup>2</sup>/с. Съем опыта: на 24 сут. после посева в фазу развития 2-го листа и на 48 сут. в фазу цветения. Листья 8 растений собраны для каждого образца, взятого в 4-кратной повторности на 1 вариант. Пробы фиксировали в жидком азоте и хранили при температуре -80°C.

Выделение РНК, секвенирование, биоинформатический и статистический анализ. РНК выделяли из листьев с

использованием реагента RNeasy (MRC, Cincinnati, OH, USA) в соответствии с протоколом производителя. Качество РНК оценивали с использованием системы TapeStation 4150 (Agilent, Santa Clara, CA, USA). Концентрацию РНК измеряли с помощью кубитного флуорометра и набора для анализа кубитной РНК BR (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA). Библиотеки MACE (Massive Analysis of cDNA Ends, массовый анализ концов кДНК) созданы с использованием набора Rapid MACE (GenXPro GmbH, Frankfurt, Germany) в соответствии с протоколом поставщика. Секвенирование MACE-Seq проведено на платформе Illumina HiSeqXTen (San Diego, CA, USA). Обработка полученных последовательностей проведена согласно (Zhernakov et al., 2016; Afonin et al., 2020). Дифференциальный анализ экспрессии генов проводился с использованием пакета DESeq2 в среде R, только гены со скорректированным значением  $p_{adj} < 0.01$  считались дифференциально экспрессируемыми при микоризации. Последовательности загружены в базу данных NCBI (биопроект PRJNA873716, пробы SAMN30499749–SAMN30499752). Функциональная аннотация генов проведена двумя методами: 1) по генной онтологии (Alexa et al., 2006) и 2) с использованием онлайн-инструмента Mercator, основанного на классификации по ряду организмов – *Arabidopsis thaliana*, *Chlamydomonas reinhardtii*, *Oryza sativa* и другим видам растений (Lohse et al., 2014).

### Результаты и обсуждение

Анализируемая модельная РМС “*M. lupulina* + *R. irregularis*” ранее уже показала существенную симбиотическую эффективность с фазы развития второго листа в расчете по показателям продуктивности надземных частей (Yurkov et al., 2021). Симбиотическая эффективность по массе свежих корней наблюдается с фазы развития третьего листа (Yurkov et al., 2025). При этом люцерна хмелевидная характеризуется активным развитием всех структур АМ: мицелия, арбускул и везикул в условиях низкого уровня доступного фосфора в субстрате. Существенные прибавки показателей продуктивности (выше 50% по сырому весу надземных частей и выше 90% по площади листьев; Yurkov et al., 2021) при микоризации свидетельствуют об адаптации растений с АМ к условиям дефицита фосфорного питания.

По результатам анализа MACE-Seq после выделения групп GO согласно (Alexa et al., 2006) выявлено 44 гена группы защитного ответа на грибную инфекцию GO:0050832 (“defense response to fungus”) и 42 гена группы защитного ответа на бактериальную инфекцию GO:0042742 (“defense response to bacterium”). В группе GO:0050832 18 генов характеризовались негативной регуляцией при микоризации как в фазу развития 2-го листа, так и в фазу цветения, а также 15 генов – негативной регуляцией только в фазу развития 2-го листа и 11 генов – только в фазу цветения. В группе GO:0042742 17 генов характеризовались негативной регуляцией при микоризации как в фазу развития 2-го листа, так и в фазу цветения, а также 17 генов – негативной регуляцией только в фазу развития 2-го листа и 8 генов – только в фазу цветения. Следовательно, в фазу цветения генов с регуляцией при микоризации было на 15% меньше (на 13 генов), чем в

фазу развития второго листа. По результатам аннотации описанных генов по Mercator (Lohse et al., 2014) было отобрано 10 генов группы GO:0050832 и 9 генов группы GO:0042742, играющих активную роль в реакции на внешние раздражители (“External Stimuli Response”; табл. 1). В табл. 1 можно видеть, что в группе ETI (“effector-triggered immunity”) 2 гена, кодирующие белок RPW8 устойчивости к мучнистой росе, вызываемой, например, *Erysiphe pisi* (Yaeger, Stuteville, 2002), в группе PTI (“pattern-triggered immunity”) в листьях люцерны репрессируются гены группы GO:0050832 (“defense response to fungus”; ортологи *Medtr1g021100*, *Medtr1g021110*, *Medtr5g079840* и *Medtr3g067795*) при формировании высокоэффективного симбиоза с *R. irregularis*. Также гены группы GO:0042742 (“defense response to bacterium”; ортологи *Medtr1g063910*, *Medtr8g012960*, *Medtr2g041960*), задействованные в PTI и ETI пути, обладали негативной регуляцией в высокоэффективной системе “*M. lupulina* + *R. irregularis*”. В защитных реакциях против патогенных грибов, включая пути PTI и ETI, важную роль играет салициловая кислота (Fu et al., 2013; Han et al., 2023), которая также является сигнальной молекулой в реакциях системной приобретенной устойчивости (SAR, “Systemic Acquired Resistance”). В эффективной РМС “*M. lupulina* + *R. irregularis*” среди негативно регулируемых генов имеются и 3 гена группы GO:0042742, ортологи *Medtr2g008430*, *Medtr7g111960* и *Medtr7g089800*, принимающие участие в SAR-реакциях (табл. 1). Известно, что ген *WRKY25* (ортолог *Medtr3g031220*), имеющий негативную регуляцию при микоризации в исследуемой РМС, показывает положительную регуляцию по сигнальному пути, опосредованному салициловой кислотой, но при

Таблица 1. Гены групп GO:0050832 и GO:0042742 в листьях растений *Medicago lupulina*, инокулированных *Rhizophagus irregularis*Table 1. Genes of GO:0050832 and GO:0042742 groups in leaves of *Medicago lupulina* plants inoculated with *Rhizophagus irregularis*

Локус Mt4.0 у ортолога <i>M. truncatula</i> Vector Name Mt4.0 locus tag of <i>M. truncatula</i> ortholog	FPM* в листьях растений безМ в фазу “2й лист”, [A] FPM* in leaves of nonAM plants at “2nd leaf” stage, [A]	FPM в листьях растений +АМ в фазу “2й лист”, [B] FPM in leaves of AM plants at “2nd leaf” stage, [B]	FPM в листьях растений безМ в фазу “цветение”, [C] FPM in leaves of nonAM plants at “flowering” stage, [C]	FPM в листьях растений +АМ в фазу “цветение”, [D] FPM in leaves of AM plants at “flowering” stage, [D]	[A]/[B]	[C]/[D]	$P_{adj}$ (2й лист) (2nd leaf)	$P_{adj}$ (цветение) (flowering)	Описание (возможная функция белка; согласно Alexa et al., 2006) Description (putative protein function; according to Alexa et al., 2006)	Функциональная аннотация по Mercator в группе реакций на внешние раздражители согласно (Lohse et al., 2014) Functional annotation by Mercator in the group of External Stimuli Response according to (Lohse et al., 2014)
<i>Medtr1g021100</i>	205.3	64	275.3	104.8	3.2	2.6	1.00E-07	9.48E-15	белок устойчивости к мучнистой росе, RPW8 (GO:0050832, защитный отклик на гриб)	патоген.сеть иммунитета, запускаемая эффекторами.TNL-опосредованный иммунитет, запускаемый эффекторами.
<i>Medtr1g021110</i>	130.8	42.8	171	65.5	3.1	2.6	1.30E-05	3.95E-09	powdery mildew resistance protein, RPW8 (GO:0050832, defense response to fungus)	регуляторный белок ADR pathogen.effector-triggered immunity (ETI) network.TNL-mediated effector-triggered immunity.regulatory protein (ADR)
<i>Medtr2g029800</i>	855	230.7	1056.1	135.3	3.7	7.8	2.67E-17	1.14E-96	пероксидаза, удаление H2O2, окисление токсичных восстановителей, биосинтез и деградация лигнина, реакция на атаку патогенов (GO:0050832)	патоген.защитные механизмы (не аннотирован до семейства) pathogen.defense mechanisms? (not assigned,annotated)
<i>Medtr2g029850</i>	2906	1134.8	2162.8	1013.6	2.6	2.1	2.64E-13	6.52E-22	peroxidase, removal of H2O2, oxidation of toxic reductants, biosynthesis and degradation of lignin, response pathogen attack (GO:0050832)	
<i>Medtr2g029820</i>	447.2	203.3	350.7	157	2.2	2.2	0.00214	3.80E-06		
<i>Medtr2g029830</i>	266.8	114.5	133.1	66.4	2.3	2.0	0.0009	6.38E-05		
<i>Medtr2g029860</i>	280.5	185.5	251.5	158.4	-	1.6	> 0.01	0.00477		патоген.защитные механизмы. иммунитет растений, зависящий от WRKY.фактор транскрипции WRKY pathogen.defense mechanisms.WRKY-dependent plant immunity.transcription factor (WRKY)
<i>Medtr3g031220</i>	71	12.8	71.3	30.5	5.6	2.3	6.18E-08	0.0004	транскрипционный фактор WRKY25 (GO:0050832) WRKY25 transcription factor (GO:0050832)	

Локус Mt4.0 у ортолога <i>M. truncatula</i> Vector Name Mt4.0 locus tag of <i>M. truncatula</i> ortholog	FPM* в листьях растений безМ в фазу “2й лист”, [A] FPM* in leaves of nonAM plants at “2nd leaf” stage, [A]	FPM в листьях растений +АМ в фазу “2й лист”, [B] FPM in leaves of AM plants at “2nd leaf” stage, [B]	FPM в листьях растений безМ в фазу “цветение”, [C] FPM in leaves of nonAM plants at “flowering” stage, [C]	FPM в листьях растений +АМ в фазу “цветение”, [D] FPM in leaves of AM plants at “flowering” stage, [D]	[A]/[B]	[C]/[D]	$P_{adj}$ (2й лист) (2nd leaf)	$P_{adj}$ (цветение) (flowering)	Описание (возможная функция белка; согласно Alexa et al., 2006) Description (putative protein function; according to Alexa et al., 2006)	Функциональная аннотация по Mercator в группе реакций на внешние раздражители согласно (Lohse et al., 2014) Functional annotation by Mercator in the group of External Stimuli Response according to (Lohse et al., 2014)
<i>Medtr5g079840</i>	126.5	25	95.8	54.5	5.1	-	6.38E-10	> 0.01	протеинкиназа BIK1 семейства RLK-Pelle-RLCK-VIIa-2 (GO:0050832)	патоген.сеть иммунитета, запускаемая паттернами.комплекс флагеллиновых рецепторов FLS2-BAK1 динамически ассоциированная протеинкиназа BIK1
<i>Medtr3g067795</i>	53	15.5	57.3	34	3.4	-	0.00132	> 0.01	BIK1 protein kinase, RLK-Pelle-RLCK-VIIa-2 family (GO:0050832)	pathogen.pattern-triggered immunity (PTI) network.FLS2-BAK1 flagellin receptor complex.dynamically associated protein kinase (BIK1)
<i>Medtr2g008430</i>	107.3	39.8	107	57.5	2.7	1.9	1.46E-08	9.48E-15	LL-диаминопимелатамино-трансфераза ALD1 класса I и II (GO:0042742, защитный ответ на бактерию) Aminotransferase class I and II (GO:0042742, defense response to bacterium)	патоген.защитные механизмы. системная приобретенная устойчивость.метаболизм липолиевой кислоты.аминотрансфераза ALD1
<i>Medtr1g090520</i>	26	0.8	24.1	4.3	34.7	5.7	1.99E-05	0.0001	рецепторподобная киназа LRR (GO:0042742) LRR receptor-like kinase (GO:0042742)	повреждение.Пер-активирующая пептидная рецепторная киназа damage.Pep-elicitor peptide receptor kinase (PEPR)
<i>Medtr7g111960</i>	30	4.8	39.3	9.5	6.3	4.1	0.00018	5.51E-05	кальмодулин-связывающий белок 60 (GO:0042742)	патоген.защитные механизмы. системная приобретенная устойчивость.регуляторный белок CBP60/SARD
<i>Medtr8g104490</i>	159.5	17.3	80	73.8	9.2	-	2.07E-17	> 0.01	calmodulin-binding protein 60 (GO:0042742)	pathogen.defense mechanisms.systemic acquired resistance (SAR).regulatory protein (CBP60/SARD)
<i>Medtr8g104510</i>	60.8	4.8	23.3	23.5	12.8	-	2.29E-11	> 0.01		
<i>Medtr1g063910</i>	45.5	13.8	75.3	18	3.3	4.2	0.00566	4.11E-10	рецепторподобная протеинкиназа (GO:0042742) receptor-like protein kinase (GO:0042742)	патоген.система иммунитета, запускаемая паттернами.реакция бактериальных возбудителей. протеинкиназа PCRK pathogen.pattern-triggered immunity (PTI) network.bacterial elicitor response. protein kinase (PCRK)

Продолжение таблицы 1 // Table 1 continued

Локус Mt4.0 у ортолога <i>M. truncatula</i> Vector Name Mt4.0 locus tag of <i>M. truncatula</i> ortholog	FPM* в листьях растений безМ в фазу “2й лист”, [A] FPM* in leaves of nonAM plants at “2nd leaf” stage, [A]	FPM в листьях растений +АМ в фазу “2й лист”, [B] FPM in leaves of AM plants at “2nd leaf” stage, [B]	FPM в листьях растений безМ в фазу “цветение”, [C] FPM in leaves of nonAM plants at “flowering” stage, [C]	FPM в листьях растений +АМ в фазу “цветение”, [D] FPM in leaves of AM plants at “flowering” stage, [D]	[A]/[B]	[C]/[D]	$p_{adj}$ (2й лист) (2nd leaf)	$p_{adj}$ (цветение) (flowering)	Описание (возможная функция белка; согласно Alexa et al., 2006) Description (putative protein function; according to Alexa et al., 2006)	Функциональная аннотация по Mercator в группе реакций на внешние раздражители согласно (Lohse et al., 2014) Functional annotation by Mercator in the group of External Stimuli Response according to (Lohse et al., 2014)
<i>Medtr8g012960</i>	194.5	64.3	175	142	3	-	1.28E-05	> 0.01	RPM1-взаимодействующий белок (GO:0042742) RPM1-interacting protein (GO:0042742)	патоген.сеть иммунитета, запускаемая эффекторами.иммунная сигнализация RIN4-RPM1.регуляторный фактор RIN4, защищенный активностью RPM1/RPS2 pathogen.effector-triggered immunity (ETI) network.RIN4-RPM1 immune signalling.regulatory factor (RIN4) guarded by RPM1/RPS2 activities
<i>Medtr2g041960</i>	14	3.8	16.3	2.8	-	5.9	> 0.01	0.00104	серин/треонин-протеинкиназа (GO:0042742) serine/threonine-protein kinase (GO:0042742)	патоген.сеть иммунитета, запускаемая эффекторами.иммунная сигнализация RIN4-RPM1.протеинкиназа RIPK, нацеленная на RIN4 pathogen.effector-triggered immunity (ETI) network.RIN4-RPM1 immune signalling.protein kinase (RIPK) targeted to RIN4
<i>Medtr7g089800</i>	172.3	81	156.5	92	-	1.7	> 0.01	0.00467	фактор транскрипции лейциновой молнии (GO:0042742) leucine zipper transcription factor (GO:0042742)	патоген.защитные механизмы. системная приобретенная устойчивость.NPR1-интерактивный фактор транскрипции TGA pathogen.defense mechanisms.systemic acquired resistance (SAR).NPR1-interactive transcription factor (TGA)

Примечание: FPM\* – фрагментов на млн (“fragments per million”), “-” – нет данных. Значения  $p_{adj} > 0.01$  указывают на отсутствие достоверных различий.

Note: FPM\* – fragments per million, “-” – no data.  $p_{adj} > 0.01$  indicate there are no significant differences.

сверхэкспрессии *WRKY25* наблюдали активный рост патогена *Pseudomonas syringae* на *Arabidopsis thaliana* (Zheng et al., 2007). В настоящем исследовании впервые показана негативная регуляция 5 генов, кодирующих пероксидазы (ортологи *Medtr2g029800*, *Medtr2g029850*, *Medtr2g029820*, *Medtr2g029830*, *Medtr2g029860*).

Таким образом, можно предположить, что у растений люцерны в отсутствии патогенов при наличии АМ подавлены механизмы инициации иммунной защиты против патогенов. Возможные причины негативной регуляции генов при микоризации могут заключаться в том, что:

1) часто исследуют развитие неэффективной или слабоэффективной АМ в различных РМС, таких как: “*Stevia rebaudiana* + *R. irregularis*”, “*Pisum sativum* + *R. irregularis*”, “*Salvia miltiorrhiza* + *Glomus versiforme*”, “*M. truncatula* + *R. irregularis*”, “*Solanum lycopersicum* + *R. irregularis*” (цит. по Yurkov et al., 2025);

2) отклик на патогены может быть разным в зависимости от специфичности симбиозов. АМ-симбиоз является слабоспецифичным, 1 вид гриба может образовать АМ со множеством видов растений и обладать значительной симбиотической эффективностью в отличие от видоспецифичного бобово-ризобияльного симбиоза (Duan et al., 2024);

3) в условиях отсутствия действия патогенов на растении защитные реакции при микоризации могут включать иные каскады генов и/или экспрессия представленных генов групп GO:0050832 и GO:0042742 существенно меняется.

Все вместе свидетельствует о необходимости более детального изучения путей формирования иммунитета в условиях микоризации в эффективной АМ-симбиосистеме с проведением инокуляции грибами и бактериями – возбудителями заболеваний растения.

**Вывод.** Можно полагать, что при развитии высокоэффективного симбиоза растения *M. lupulina* с грибом АМ *R. irregularis* в условиях низкого уровня доступного фосфора в субстрате выявлен феномен снижения в листьях экспрессии генов, вовлеченных в защитную систему растения-хозяина, включая подавление экспрессии генов устойчивости к некоторым патогенам – гена устойчивости к мучнистой росе, генов, задействованных в РТИ и ЕТИ пути, в SAR-реакции, что может указывать на развитие неспецифического ответа растения-хозяина на развитие эффективного гриба АМ. Следующим наиболее перспективным направлением работы представляется оценка влияния микоризации на экспрессию генов устойчивости к мучнистой росе в условиях заражения патогеном, таким как *E. pisi*.

### Благодарности

Работа выполнена при поддержке РФФИ №22-16-00064-П.

Исследование проведено с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием «Геномные технологии, протеомика и клеточная биология» ФГБНУ ВНИИСХМ.

### Библиографический список (References)

- Afonin AM, Leppyanen IV, Kulaeva OA, Shtark OY et al (2020) A high coverage reference transcriptome assembly of pea (*Pisum sativum* L.) mycorrhizal roots. *Vavilovskii Zhurnal Genet Sel.* 24:331–339. <https://doi.org/10.18699/VJ20.625>
- Alexa A, Rahnenführer J, Lengauer T (2006) Improved scoring of functional groups from gene expression data by decorrelating GO graph structure. *Bioinformatics* 22:1600–1607. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btl140>
- Duan H-X, Luo CL, Wang X, Cheng Y-S et al (2024) Responses of legumes to rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi: a global meta-analysis. *Agronomy* 14(11):2597. <https://doi.org/10.3390/agronomy14112597>
- Fu ZQ, Dong X (2013) Systemic acquired resistance: turning local infection into global defense. *Annu Rev Plant Biol* 64(1):839. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105606>
- Han S, Na L, Rongchao Z, Xiuqin H et al (2023) Study on signal transmission mechanism of arbuscular mycorrhizal hyphal network against root rot of *Salvia miltiorrhiza*. *Sci Rep* 13(1):16936. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-43278-5>
- Kaur S, Suseela V (2020) Unraveling arbuscular mycorrhiza-induced changes in plant primary and secondary metabolome. *Metabolites* 10(8):335. <https://doi.org/10.3390/metabo10080335>
- Kloppholz S, Kuhn H, Requena N (2011) A Secreted fungal effector of *Glomus intraradices* promotes symbiotic biotrophy. *Current Biol* 21(14):1204–1209. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.06.044>
- Lohse M, Nagel A, Herter T, May P et al (2014) Mercator: A fast and simple web server for genome scale functional annotation of plant sequence data. *Plant Cell Environ* 37:1250–1258. <https://doi.org/10.1111/pce.12231>
- Martin FM, van der Heijden MGA (2024) The mycorrhizal symbiosis: research frontiers in genomics, ecology, and agricultural application. *New Phytol* 242:1486–1506. <https://doi.org/10.1111/nph.19541>
- Marwanto M, Bustamam H, Handajaningih M, Anggraini S (2024) Co-application of arbuscular mycorrhizae via seed coating and phosphorus fertilizer for enhancing growth, yield, and nutrient uptake in ultisols for maize. *TERRA: Journal of Land Restoration* 7:8–13. <https://doi.org/10.31186/terra.7.1.8-13>
- Pozo MJ, Azcón-Aguilar C (2007) Unraveling mycorrhiza-induced resistance. *Curr Opin Plant Biol* 10(4):393–398. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2007.05.004>
- Umer M, Anwar N, Mubeen M, Li Y et al (2025) Roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth and disease management for sustainable agriculture. *Front Microbiol* 16:1616273. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1616273>
- Wang H-R, Zhao X-Y, Zhang J-M, Lu C et al (2022) Arbuscular mycorrhizal fungus regulates cadmium accumulation, migration, transport, and tolerance in *Medicago sativa*. *J Hazard Mater* 435:129077. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129077>
- Xavier LJC, Boyetchko SM (2003) Arbuscular mycorrhizal fungi in plant disease control. In: Arora DK (ed). *Fungal biotechnology in agricultural, food, and environmental*



- applications. New York: Dekker. 183–194. <https://doi.org/10.1201/9780203913369.ch16>
- Yaeger JR, Stuteville DL (2002) Reactions of accessions in the annual *Medicago* core germ plasm collection to *Erysiphe pisi*. *Plant Dis* 86:312–315. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.3.312>
- Yurkov A, Puzanskiy R, Avdeeva G, Jacobi L et al (2021) Mycorrhiza-induced alterations in metabolome of *Medicago lupulina* leaves during symbiosis development. *Plants* 10(11):2506. <https://doi.org/10.3390/plants10112506>
- Yurkov AP, Puzanskiy RK, Kryukov AA, Kudriashova TR et al (2025) The effect of arbuscular mycorrhizal fungus and phosphorus treatment on root metabolome of *Medicago lupulina* during key stages of development. *Plants* 14:2685. <https://doi.org/10.3390/plants14172685>
- Zheng Z, Mosher SL, Fan B, Klessig DF et al (2007) Functional analysis of *Arabidopsis* WRKY25 transcription factor in plant defense against *Pseudomonas syringae*. *BMC Plant Biol* 7:2. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-7-2>
- Zhernakov A, Rotter B, Winter P, Borisov A et al (2016) Massive Analysis of cDNA Ends (MACE) for transcript-based marker design in pea (*Pisum sativum* L.). *Genom Data* 11:75–76. <https://doi.org/10.1016/j.gdata.2016.12.004>

Plant Protection News, 2025, 108(4), p. 287–293

OECD+WoS: 2.08+DB (Biotechnology & Applied Microbiology); 4.01+AM (Agronomy)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2025-108-4-17478>

**Short communication**

# SUPPRESSION OF DEFENSE RESPONSE GENES IN THE BLACK MEDIC TO INFECTIONS UNDER CONDITIONS OF EFFECTIVE SYMBIOSIS WITH ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGUS *RHIZOPHAGUS IRREGULARIS*

A.P. Yurkov<sup>\*1</sup>, A.A. Kryukov<sup>1</sup>, T.R. Kudriashova<sup>1</sup>, A.I. Belyaeva<sup>1</sup>, M.F. Shishova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

\*corresponding author, e-mail: [ap.yurkov@arriam.ru](mailto:ap.yurkov@arriam.ru)

The mycorrhization effect was analyzed concerning gene expression including GO:0050832 (defense reaction to fungal infection) and GO:0042742 (defence reaction to bacterial infection) groups of gene ontology under conditions of effective symbiosis in the model system “*Medicago lupulina* + *Rhizophagus irregularis*”. Massive Analysis of cDNA Ends (MACE-Seq) was applied. Under conditions of low phosphorus level, the 44 and 42 genes from defense response to the fungal and bacterial infections, respectively, were downregulated in *M. lupulina* leaves at the stage of 2<sup>nd</sup> leaf development and flowering. Significantly lower expression levels of genes (orthologs *Medtr1g021100*, *Medtr1g021110*) encoding powdery mildew resistance protein RPW8 were shown during mycorrhization by the fungus *R. irregularis* in both the vegetative and reproductive stages of development of the plant. The role of the arbuscular mycorrhiza fungus in the formation of a nonspecific reaction to pathogenic microorganisms during the development of effective symbiosis is discussed.

**Keywords:** *Medicago lupulina*, mycorrhizal symbiosis, arbuscular mycorrhiza, powdery mildew

Submitted: 01.10.2025

Accepted: 28.11.2025

## V МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИММУНИТЕТА РАСТЕНИЙ К ВРЕДНЫМ ОРГАНИЗМАМ»

### V INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE “MODERN PROBLEMS OF PLANT IMMUNITY TO HARMFUL ORGANISMS”

22–24 октября 2025 г. в Санкт-Петербургском отделении РАН состоялось пленарное заседание V международной научно-практической конференции «Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам». Организаторами конференции выступили Объединенный научный совет СПБО РАН по агробиотехнологиям и продовольственной безопасности и Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ВИЗР). В конференции приняли участие 154 человека из 15 научно-исследовательских, научно-производственных и высших учебных учреждений Российской Федерации, Казахстана, Азербайджана и Беларуси.

По данным ФАО, глобальные потери урожая с.-х. культур от биотических стрессов достигают 40 %. Изменение климата приводит к новым фитосанитарным рискам, так как выживаемость, размножение и распространение вредных организмов зависит, в основном, от температуры. Основным способом защиты растений от вредных организмов, как в России, так и во всем мире, является химическая защита, однако к настоящему времени возникла необходимость снижения пестицидной нагрузки на агроэкосистемы. Использование естественного иммунитета растений к вредным организмам, то есть осуществления генетической защиты растений, как раз и является основной составляющей решения этой проблемы. Генетическая защита обеспечивает ресурсосбережение и способствует получению экологически чистой продукции.

Все научные, научно-технологические и практические аспекты этой проблемы обсуждались на пленарной сессии в большом конференц-зале СПБО РАН и четырех секциях, работа которых проходила в ВИЗР.

На пленарном заседании заслушано 12 докладов, из них 9 были представлены академиками и членами-корреспондентами РАН. В пленарных докладах было представлено современное состояние исследований, как по фундаментальным проблемам механизмов устойчивости растений к вредным организмам, с использованием «омиксных» технологий, так и по практическим достижениям селекции в создании устойчивых сортов с.-х. культур.

В рамках конференции работали секции:

1. Достижения в области геномных и постгеномных исследований устойчивости растений к возбудителям болезней;
2. Генетические ресурсы устойчивости растений к вредным организмам;
3. Эколого-биоценотические основы иммунитета растений к вредным организмам и современные методы диагностики болезней растений;
4. Способы повышения устойчивости растений к вредным организмам.

На секциях заслушано 82 доклада, и 14 докладов представлены в виде постерных сообщений.

Отмечается возросший научно-методический уровень исследований, особенно связанный с изучением механизмов взаимоотношений вредных организмов с растениями-хозяевами (проф. РАН, д.б.н. И.В. Максимов, к.х.н. Е.А. Рогожин, к.б.н. С. В. Веселова, к.б.н. А. М. Егорова, Е. А. Дегтярев), новыми генетическими технологиями (академик РАН А.В. Кочетов, академик РАН Г.И. Карлов,

чл.-корр. РАН Е.А. Салина) и разработкой фундаментальных и прикладных аспектов изучения генетического разнообразия устойчивости с.-х. растений к возбудителям болезней для создания устойчивых сортов (академик РАН О.С. Афанасенко, академик РАН И. Б. Аблова, чл.-корр. РАН Е.К. Хлесткина, д.б.н. Т. А. Гавриленко).

Особенный интерес представляет разработка новых биотехнологий, ускоряющих процесс селекции устойчивых к вредным организмам сортов с.-х. культур. Наиболее популярным, активно развивающимся направлением является разработка и использование молекулярных маркеров для ускорения селекции устойчивых сортов (к.б.н. М. В. Дудников, к.б.н. С. З. Гучетль, к.б.н. О. А. Баранова, к.б.н. К. О. Плотников, к.с.-х. н. Н. П. Бехтольд, А. О. Гончаренко и др.). Состояние исследований по этой проблеме, применительно к селекции овощных культур были освещены в докладах к.б.н. О.Г. Бабак, к.с.-х.н. И.Г. Пугачевой (Беларусь) и д.с.-х. н. С. Г. Монахоса.

Возможности технологии «Спид Бридинга», разработкой которой занимаются во ВНИИСБ, были представлены в докладе академика РАН Г.И. Карлова.

Инновационное направление, связанное с разработкой генетических технологий на основе РНК интерференции – механизма управления активностью генов посредством формирования коротких двуцепочечных РНК, было представлено в докладе академика РАН А.В. Кочетова.

Е. К. Хлесткина рассказала о роли коллекций генетических ресурсов растений для разработки технологий генетической защиты растений с конкретными примерами исследований, проводимым в ВИР имени Н.И. Вавилова, в том числе в кооперации с ВИЗР, ИЦиГ СО РАН и другими научными учреждениями, которые проводят свои исследования с привлечением образцов из Вавиловской коллекции. Особое внимание было уделено результатам современных работ в области иммунитета зерновых и других культур, выполняемых в отделе генетики ВИР, который в этом году отметил свое 100-летие.

Созданные в ВИЗР, ВИР, ИЦиГ СО РАН, ВНИИСБ, НЦЗ им. П.П. Лукьяненко, ВНИИФ, ФИЦ Немчиновка, ФНЦБЗР, ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН, ВНИИМК им. В.С. Пустовойта, ВНИИССОК, ФАНЦ Юго-Востока, РУП НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству, Казахском Национальном Аграрном Исследовательском Университете, Омском ГАУ, Сибирском ФНЦ агробиотехнологий РАН, НИИСХ Северного Зауралья коллекции источников и доноров устойчивости с.-х. культур

являются значительным резервом в селекции сортов на устойчивость к вредным организмам.

Необходимость оптимизации системы защиты с учетом устойчивости возделываемых сортов была обоснована в докладе академика РАН С. Д. Каракотова. С использованием разработанной системы минерального питания и защиты им продемонстрирована рекордная урожайность озимой пшеницы сортов Ермоловка и Зюгановка, генетически защищенных от бурой ржавчины и септориоза,

Возросло число сортов с.-х. культур с групповой устойчивостью к возбудителям болезней. Лидером по созданию таких сортов является НЦЗ им. П.П. Лукьяненко, где под руководством академиков Л. А. Беспаловой и И. Б. Абловой созданы сорта озимой пшеницы, отличающиеся устойчивостью к 3–6 возбудителям вредоносных болезней.

Отмечено, что гены, контролирующие устойчивость к патогенам, являются ограниченными природными ресурсами. В связи с этим особенной актуальностью отличаются исследования, способствующие удлинению жизни генов устойчивости в пространстве и во времени: адаптационной изменчивости патогенов, контроля генов вирулентности в популяциях патогенов, механизмов образования новых рас. Результаты этих исследований были представлены в докладах чл.-корр. РАН Г.В. Волковой, д.б.н. Н.В. Мироненко, д.б.н. Е. И. Гульяевой и др. Примером успешного решения этой проблемы является мозаика сортов озимой пшеницы, осуществленная на территории Краснодарского края коллективом НЦЗ под руководством акад. Л.А. Беспаловой и акад. И.Б. Абловой.

Ботаническое разнообразие садовых агроценозов в ботанических садах является определяющим фактором при изучении взаимоотношений патогенов с растениями-хозяевами и отбора устойчивых к патогенам генотипов растений (чл.-корр. РАН И.В. Митрофанова).

Важной проблемой является разработка способов повышения устойчивости растений к вредным организмам, с использованием индукторов иммунитета и влиянием биопрепаратов на устойчивость растений к инфекционным

заболеваниям (к.б.н. О. С. Кириллова, к.б.н. В. В. Кнауб, А. Д. Кустадинчев и др.).

В рамках конференции проходил круглый стол (организаторы к.б.н. А.В. Хютти (ВИЗР), начальник департамента маркетинга АО Фирма «Август» Д.А. Белов и исполнительный директор СПССК «Устюженский картофель» А.А. Кузнецов) с участием 60 специалистов, руководителей фермерских хозяйств, на котором обсуждали способы усиления устойчивости картофеля против вредоносных, в том числе и карантинных, заболеваний. А.В. Митюшкин (ФИЦ картофеля им. А.Г. Лорха) выступил с докладом о российских сортах картофеля и перспективах их выращивания. Были обсуждены проблемы оптимизации системы защиты картофеля от вредных организмов и рационального применения средств защиты (Д.А. Белов), способы борьбы с паразитическими нематодами на картофеле (М.В. Приданников, АО Фирма «Август»); представлен инновационный биофунгицид на основе эндофитных бактерий для борьбы с ризоктониозом картофеля (А.Н. Заплаткин, ВНИИСХМ). Агроном-эксперт Д.А. Сырцов из Нижнего Новгорода заострил внимание на проблеме антракноза картофеля и путей ее решения.

В целом, обсуждаемые на конференции проблемы в сфере изучения и использования генетических ресурсов устойчивости растений, разработки новых генетических технологий по созданию сортов с.-х. культур с устойчивостью к вредным организмам и способов повышения устойчивости растений отвечают задачам Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации № 145 от 28.02.2024 г., национальным целям развития Российской Федерации, определенными Указом Президента Российской Федерации № 309 от 07.05.2024 г., задачам Доктрины продовольственной безопасности, в соответствии с Указом Президента Российской Федерации № 20 от 21.01.2020 г. и критическим технологиям, обозначенных Указом Президента Российской Федерации № 529 от 18.06.2024 г.

Председатель оргкомитета конференции,  
академик РАН

О. С. Афанасенко

**ПЕРВЫЙ КОНГРЕСС ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ СИМБИОТИЧЕСКИХ СИСТЕМ (КИСС-2025)****FIRST CONGRESS OF RESEARCHERS OF SYMBIOTIC SYSTEMS (KISS-2025)**

С 6 по 11 октября 2025 г. в Москве состоялся Первый Конгресс Исследователей Симбиотических Систем (КИСС-2025), организованный Институтом проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН при поддержке ООО «Вермес» и ООО «Хеликон». Впервые рамками одного мероприятия объединены все направления исследований симбиотических систем – как паразитических, так и мутуалистических, затрагивающих представителей всех основных групп дерева жизни, от вирусов до высших позвоночных. Конгресс посетило более 300 участников из 60 научных, образовательных и производственных организаций России – от Санкт-Петербурга до Магадана и от Севастополя до Архангельска, а также из-за рубежа. Принято решение проводить данное мероприятие на регулярной основе.

---

Научное издание

Подписано к печати 17 декабря 2025 г.

Формат 60x84/8. Объем 12.5 п.л. Тираж 200 экз.





