



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

# В Е С Т Н И К ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

2023    TOM    106    ВЫПУСК    4  
          VOLUME            ISSUE



Санкт-Петербург  
St. Petersburg, Russia

**Для оформления обложки использована фотография ячменя  
к статье Ф.Б. Ганнибала и др. (стр. 172–186) (© Т.Ю. Гагкаева, ВИЗР)**

**For the cover design, the photo of a barley  
for the article by Ph.B. Gannibal et al. (p. 172–186) was used (© T.Yu. Gagkaeva, VIZR)**

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

2023    TOM    106    ВЫПУСК    4  
          VOLUME            ISSUE

Санкт-Петербург  
St. Petersburg, Russia  
2023

# 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: В.И. Долженко, Ю.С. Токарев

Ответственный секретарь: В.К. Моисеева

Технический секретарь: С.Г. Удалов

Корректоры англоязычных текстов: Ч. Краснов, Ю.Я. Соколова, Ю.С. Токарев

Технический помощник: А.Г. Конончук

**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 РИНЦ, CrossRef & DOAJ**

## 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

*Гончаров Н.Р.*, ксхн, ВИЗР

*Гричанов И.Я.*, дбн, ВИЗР

*Дзянь Синьфу*, профессор, КНР

*Долженко В.И.*, дсхн, академик РАН, ВИЗР

*Егоров Е.А.*, дэн, академик РАН, СКФНЦСиВ

*Захаренко В.А.*, дсхн, академик РАН, МНИИСХ

*Игнатов А.Н.*, дбн, РУДН

*Косман Е.*, профессор, Израиль

*Каракотов С.Д.*, дхн, академик РАН,

ЗАО “Щелково Агрохим”

*Краснов Ч.*, PhD, Израиль

*Кюссон М.*, PhD, Канада

*Лаврищев А.В.*, дсхн, СПбГАУ

*Лаптиева А.Б.*, дбн, ООО “ИЦЗР”

*Лунева Н.Н.*, дбн, ВИЗР

*Лысов А.К.*, ктн, ВИЗР

*Мавроди Д.*, профессор, США

*Намятова А.А.*, кбн, ЗИН

*Новикова И.И.*, дбн, ВИЗР

*Павлюшин В.А.*, дбн, академик РАН, ВИЗР

*Радченко Е.Е.*, дбн, ВИР

*Савченко И.В.*, дбн, академик РАН, ВИЛАР

*Санин С.С.*, дбн, академик РАН, ВНИИФ

*Сидельников Н.И.*, дсхн, академик РАН, ВИЛАР

*Синев С.Ю.*, дбн, ЗИН

*Соколова Ю.Я.*, дбн, США

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

*Сухорученко Г.И.*, дсхн, ВИЗР

*Ули-Маттила Т.*, профессор, Финляндия

*Токарев Ю.С.*, дбн, ВИЗР

*Упадышев М.Т.*, дбн, член-корреспондент РАН, ВСТИСП

*Фролов А.Н.*, дбн, ВИЗР

*Хлесткина Е.К.*, дбн, ВИР

*Шамшев И.В.*, кбн, ЗИН

*Шпанев А.М.*, дбн, АФИ

## Ответственные редакторы выпуска:

О.С. Афанасенко, Н.А. Белякова, Ю.Я. Соколова, Ю.С. Токарев

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

Fungi associated with barley and their significance as pathogens in Russia

Ph.B. Gannibal, E.V. Poluektova, Ya.V. Lukyanets, T.Yu. Gagkaeva, M.M. Gomzhina . . . . . 172

Полнотекстовые статьи**Токсическое действие  $\alpha$ -томатина на картофельную коровку *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Coleoptera: Coccinellidae)****М.В. Ермак, Н.В. Мацшина, О.А. Собко, П.В. Фисенко**The toxic effect of  $\alpha$ -tomatine on the 28-spotted potato ladybeetle *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Coleoptera: Coccinellidae)

M.V. Ermak, N.V. Matsishina, O.A. Sobko, P.V. Fisenko . . . . . 187

Краткие сообщения**Влияние гербицидов на сообщества арбускулярных микоризных грибов, ассоциированных с однолетними инвазионными сорными растениями *Asteroideae*****С.В. Сокорнова, Д.М. Малыгин, А.С. Ткач, А.С. Голубев**The effect of herbicides on arbuscular mycorrhizal fungi associated with annual invasive *Asteroideae* weeds

S.V. Sokornova, D.M. Malygin, A.S. Tkach, A.S. Golubev . . . . . 195

Full-text articles**Determination of *Trichogramma euproctidis* efficacy against the key pest, European grapevine moth, *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) in the Aegean region vineyards, Turkey****B. Güven, F. Özsemerci, F. Ö. Altındişli, B. Mıhçı, N. Keskin, O. Aşçıoğul**Определение эффективности *Trichogramma euproctidis* против основного вредителя, гроздевой листовертки *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae), на виноградниках

Эгейского региона, Турция

B. Güven, F. Özsemerci, F.Ö. Altındişli, B. Mıhçı, N. Keskin, O. Aşçıoğul . . . . . 201

Short Communications**Susceptibility of *Bombyx mori* larvae to microsporidia *Nosema bombycis* from the silkworm and *Nosema* sp. from the cotton bollworm****S.M. Malysh, A.M. Utkuzova, A.N. Ignatieva, B.A. Mirzakhodjaev, I.V. Grushevaya**Восприимчивость гусениц *Bombyx mori* к микроспоридиям *Nosema bombycis* из тутового шелкопряда и *Nosema* sp. из хлопковой совки

S.M. Малыш, А.М. Уткузова, А.Н. Игнатьева, Б.А. Мирзаходжаев, И.В. Грушевая . . . . . 210

Хроника / Chronicle**К юбилею академика РАН О.С. Афанасенко**

To the Jubilee of Academician O.S. Afanassenko . . . . . 215

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

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

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

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

Несмотря на очень большое внимание, которое уделяется изучению болезней ячменя, в литературе нередко встречаются неточности в названиях заболеваний, их практической значимости, а также некорректное использование научных названий видов-возбудителей. Это приводит к путанице и потере точности публикуемой информации о фитосанитарной ситуации. Данный обзор продолжает серию, начатую публикацией, посвящённой болезням пшеницы. В настоящей работе собрана и структурирована информация об основных заболеваниях ячменя и вызывающих их патогенных грибах, а также о тех грибах, которые могут представлять потенциальную угрозу. Приведён современный таксономический статус видов грибов и грибоподобных организмов, связанных с различными органами ячменя, кратко охарактеризована широта их распространения и степень влияния на урожай. Микромицеты были разделены на две группы в соответствии с их фитосанитарным значением. Первая группа представлена грибами, имеющими, несомненно, большое значение в качестве возбудителей 29 болезней ячменя. Вторую группу составили грибы, вызывающие 20 незначительных и малоизученных заболеваний с неподтверждённой вредоносностью. Представления о том, могут ли эти грибы причинить вред, остаются во многих случаях противоречивыми, и имеющиеся данные, по-видимому, нуждаются в подтверждении. Данный свод информации может быть использован 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 ячменём, и для получения более детальных данных о вредоносности болезней этой культуры.

**Ключевые слова:** *Hordeum*, вредоносность, распространение, таксономия, грибы

Поступила в редакцию: 20.09.2023

Принята к печати: 30.11.2023

Ячмень (*Hordeum* spp.) – культура, возделываемая почти во всём мире. Кроме употребления зерна на пищевые и кормовые цели, ячмень, как известно, активно используется для производства солода и пива. Среди болезней ячменя наиболее важное место занимают грибные инфекции, которые доминируют как по видовому разнообразию возбудителей, так и по частоте встречаемости и по величине экономического ущерба. Во всем мире описано, по крайней мере, 60 видов грибов и грибоподобных организмов, которые связывают с болезнями этой культуры. Как и в случае с другими растениями, часть этих организмов представлена агрессивными патогенами, заражение которыми ведет к снижению урожая и ухудшению его качества. Другая группа – эндофитные микроорганизмы, которые обычно развиваются во внутренних тканях растений бессимптомно и не вызывают патологические изменения в условиях, оптимальных для роста растений. Также на ячмене можно обнаружить большое количество видов с сапротрофным типом питания, которые поражают ослабленные растения или развиваются на их отмерших частях. Наиболее вероятно присутствие сапротрофов на растениях, пострадавших от неблагоприятного воздействия различных абиотических и биотических факторов. В связи с этим, их численность в составе грибных сообществ возрастает к концу вегетационного сезона, когда они могут оказаться доминирующей группой. Уже после

завершения сезона вегетации сапротрофы также могут наносить существенный вред благодаря способности к размножению на собранном урожае зерна при хранении, что вызывает его порчу, обуславливающую значительный экономический ущерб. В данной работе уделено больше внимания тем грибам, которые проникают в семена ещё в полевых условиях до уборки урожая.

Как в случае с пшеницей (Ганнибал и др., 2022), массовое производство ячменя в различных по погодно-климатическим условиям и составу почв регионах России способствует формированию большого разнообразия микобиоты, связанной с данной зерновой культурой (Афонин и др., 2008). Колебания погоды и долговременные процессы изменения климата способны влиять на ареалы видов грибов, вызывая, прежде всего, их распространение на новые территории. Также с меняющимися природно-климатическими условиями может меняться и значимость определенных видов патогенов (Левитин, 2012). Кроме того постоянно ведутся исследования, направленные на уточнение систематики грибов, и проводится соответствующая коррекция их номенклатуры. Поэтому информация о разнообразии микобиоты сельскохозяйственных культур, в частности ячменя, нуждается в регулярном обновлении.

Проведенный нами анализ публикаций по грибным болезням ячменя в интернет-ресурсах, научных изданиях и справочных материалах показал, что в ряде источников

встречаются неточности в названиях заболеваний и указаниях практической значимости выявленных микромицетов, а также некорректное использование научных названий видов-возбудителей. В литературе можно встретить обсуждение мониторинга и контроля болезней ячменя, которые на самом деле являются редкими и (или) не имеют доказанной вредоносности. Актуальная информация о систематике, распространении и вредоносности не всегда учитывается исследователями-фитопатологами, что порождает путаницу и приводит к потере научной ценности и практического значения публикуемой информации об этиологических агентах и вызываемых ими заболеваниях.

Данный обзор является продолжением работы, нацеленной на актуализацию данных по разнообразию микромицетов, связанных с основными сельскохозяйственными культурами в России, и на ревизию информации об их значимости как возбудителей болезней. Первая публикация была посвящена грибам и грибоподобным организмам, встречающимся на пшенице (Ганнибал и др., 2022).

Также как и в предыдущей работе, здесь обобщены данные по болезням ячменя, доступные в российских и зарубежных научных источниках. Проведенный анализ позволил сформировать перечень болезней этой зерновой культуры и разделить их на две основные категории. Первую категорию составили экономически значимые болезни, распространённые в России и за рубежом (Таблица 1). Заболевания данной группы имеют, как правило, чётко выраженные симптомы и вызывают значительное снижение продуктивности ячменя. Они детально изучались в разных странах на протяжении многих лет, что способствовало получению существенного набора сведений по различным проблемам: от методов диагностики до способов борьбы. С другой стороны, непрерывное совершенствование научных знаний способствовало уточнению систематики и изменению номенклатуры микологических объектов. Это объясняет необходимость публикации современной информации для корректной идентификации фитопатогенов и, соответственно, повышению успешности проводимых мероприятий по защите ячменя от болезней.

Ко второй группе были отнесены малоизученные заболевания, имеющие низкую или неподтверждённую вредоносность (Таблица 2). Многие из них встречаются крайне редко. Группа была разделена на три условные подгруппы. Первую подгруппу составили болезни, связанные с сапротрофными и эндофитными грибами, представленными в основном широко распространёнными видами. Такие заболевания обычно вызываются грибами, становящимися патогенами исключительно в условиях, сильно неблагоприятных для растений. Для защиты ячменя от болезней данного типа необходимо соблюдение стандартных правил агротехники и регламентов хранения зерна. Во вторую подгруппу были включены заболевания, ассоциированные с грибами, патогенными для других злаков, но в отдельных случаях обнаруживаемыми и на ячмене. Такие заболевания возникают локально и очень редко не сопровождаются значимыми потерями урожая. В следующую, третью подгруппу включили редкие малоизученные заболевания, вредоносность которых не подсчитана и, по всей вероятности, она низка или ничтожно мала.

Для основных болезней, представленных в группе 1, дана информация о широте распространения заболеваний (локальное, региональное, распространённое), частоте их возникновения (редкое, периодическое [эпифитотии в одном регионе возникают несколько раз за десятилетие], ежегодное) и вредоносности, оцениваемой по уровню потенциальных потерь урожая (низкая [не более 10% потерь], средняя [11–30%], высокая [более 30%]) при возникновении эпифитотий. Вредоносность во многих случаях указана в виде диапазона, так как её проявление даже при одинаковом развитии болезни зависит от целого ряда факторов различной природы: устойчивость сорта, фенофаза растений, агрессивность местной популяции патогена, погода и т.д.

В статье указаны актуальные (законные) видовые названия микроорганизмов (единственное название, соответствующее Международному кодексу номенклатуры водорослей, грибов и растений) и некоторые синонимы, которые встречаются в фитопатологической литературе, но устарели и от использования которых следует отказаться. Исключение сделано для одного из возбудителей ризоктониозной корневой гнили. Согласно номенклатурной базе данных Mycobank ([mycobank.org](http://mycobank.org), дата посещения 18.09.2023) *Ceratobasidium cornigerum* является приоритетным названием, тогда как *Ceratobasidium cereale* и *Rhizoctonia cerealis* стоит относить к его синонимам. Нам не понятно, на каких исследованиях базируется эта информация. Соответствующих таксономических работ, проведённых в последние десять лет, нам обнаружить не удалось. Согласно публикации Ф. Обервинклера с соавторами (Oberwinkler et al., 2013) – штаммы *C. cornigerum* и *C. cereale* имеют настолько существенные различия по молекулярным маркерам, что их отнесение к разным видам не вызывает сомнений. При этом если филогенетически близкие роды *Ceratobasidium* и *Rhizoctonia* будут объединены, то приоритетным окажется родовой эпитет *Rhizoctonia* (Бондарцева, Змитрович, 2021).

Данный анализ, к сожалению, осложняется ограниченным количеством научных работ, в которых опубликованы результаты современных микологических исследований видового состава микроорганизмов ячменя в разных регионах России, а также противоречивостью результатов оценки их вредоносности. Обзор не может претендовать на полный охват российской и иностранной литературы по данной теме. В нём процитировано минимальное количество работ, которое мы посчитали достаточным для подтверждения основной информации о распространении и практическом значении ассоциированных с ячменём микромицетов. Общеизвестные факты ссылками не подкрепляли.

Несколько возбудителей и соответствующих заболеваний не было включено в составленный перечень, поскольку несмотря на их упоминание в учебной литературе (преимущественно старой), отсутствуют научные публикации, полноценно описывающие эти виды грибов и вызываемые ими болезни. Также нет сведений об обнаружении таких видов на ячмене как минимум за последние полвека. В качестве примера можно привести *Leptosphaeria hordei* и *Dendrophoma crastophila*, считавшиеся возбудителями корневой гнили и дендрофомоза, соответственно (Пересыпкин и др., 1991).

Данный обзор, помимо справочной функции, призван продемонстрировать существующие пробелы в знаниях о видовом составе микроорганизмов на территории России и в понимании их значимости для производства ячменя. Для устранения этих пробелов следует последовательно

проводить дальнейшие микологические и фитопатологические исследования, затрагивающие по возможности все регионы страны. В случае обнаружения новых для региона видов, особенно редких, такие находки обязательно должны быть верифицированы молекулярными методами.

**Таблица 1.** Основные грибные болезни ячменя, культивируемого в Российской Федерации  
**Table 1.** Major fungal diseases of barley cultivated in Russia

№	Название болезни (общеупотребимое на русском и английском языках)*	Название возбудителя		Характеристика заболевания	
		Законное	Часто используемые синонимы	Распространение и частота возникновения	Вредоносность для восприимчивых сортов
<b>Заболевания корней и нижней части стебля (корневые и прикорневые гнили)</b>					
1	<b>Гельминтоспориозная (обыкновенная) корневая гниль</b> Common root rot	<i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker	<i>Cochliobolus sativus</i> (Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur; <i>Drechslera sorokiniana</i> (Sacc.) Subram. & B.L. Jain; <i>Helminthosporium sativum</i> Pammel, C.M. King, & Bakke; <i>H. sorokinianum</i> Sacc.	<b>Распространенное / Ежегодное.</b> Встречается повсеместно. Наиболее распространено на Урале, в Западной Сибири и на Дальнем Востоке.	<b>От средней до высокой</b>
2	<b>Офиоблезная корневая гниль</b> Take-all	<i>Gaeumannomyces graminis</i> (Sacc.) Arx & D.L. Olivier.	<i>Ophiobolus graminis</i> (Sacc.) Sacc.	<b>Региональное / Редкое.</b> Отмечается на Северо-Западе, в Центрально-Европейских регионах и на Северном Кавказе. Встречается в районах с избыточным увлажнением.	<b>От низкой до средней</b>
3	<b>Питиозная корневая гниль</b> Pythium root rot (Pythium snow rot, damping-off)	<i>Pythium</i> spp. в частности: <i>P. aphanidermatum</i> (Edson) Fitzp. <i>P. arrhenomanes</i> Drechsler <i>P. graminicola</i> Subram. <i>P. tardicrescens</i> Vanterp. <i>P. irregulare</i> Buisman <i>P. volutum</i> Vanterp. & Truscott <i>Globisporangium</i> spp. В частности: <i>G. debaryanum</i> (R. Hesse) Uzuhashi, Tojo, & Kakish. <i>G. iwayamae</i> (S. Ito) Uzuhashi, Tojo & Kakish. <i>G. okanoganense</i> (P.E. Lipps) Uzuhashi, Tojo & Kakish <i>G. paddicum</i> Hirane ex Uzuhashi, Tojo & Kakish.	<i>Pythium</i> spp. <i>P. debaryanum</i> R. Hesse <i>P. iwayamae</i> S. Ito <i>P. okanoganense</i> P.E. Lipps <i>P. paddicum</i> Hirane ex Uzuhashi, Tojo & Kakish.	<b>Региональное / Редкое.</b> Чаще отмечается в Европейской части РФ (в Центральном, Северо-Западном и Волго-Вятском регионах) в районах с избыточным увлажнением.	<b>От низкой до средней</b>
4	<b>Ризоктониозная корневая (прикорневая) гниль</b> Sharp eyespot (bare patch, Rhizoctonia root rot)	<i>Ceratobasidium cereale</i> D. Murray & L. L. Burpee <i>Rhizoctonia solani</i> J. G. Kühn анастомозная группа AG-8	Синонимика для <i>C. cereale</i> запутанна. Иногда патоген обозначают как <i>Rhizoctonia cerealis</i> E.P. Høeuen; <i>Ceratorhiza cerealis</i> (E.P. Høeuen) R.T. Moore <i>Thanatephorus cucumeris</i> (A.B. Frank) Donk	<b>Региональное / Периодическое.</b> Отмечается в Европейской части РФ, в регионах с избыточным увлажнением.	<b>От низкой до средней</b>

Продолжение таблицы 1 // Table 1 continued

№	Название болезни (общеупотребимое на русском и ан- глийском языках)*	Название возбудителя		Характеристика заболевания	
		Законное	Часто используемые синонимы	Распространение и частота возникновения	Вредоносность для восприимчивых сортов
5	<b>Склеротиниоз</b> (склероци- альная гниль, склероциальная снежная плесень, склероциальное выпревание, склеротиния)  Sclerotinia snow mold (snow scald)	<i>Sclerotinia borealis</i> Bubák & Vleugel	<i>Myriosclerotinia borealis</i> (Bubák & Vleugel) L.M. Kohn; <i>Sclerotinia graminea- rum</i> Elenev ex Solkina	<b>Региональное / Периоди- ческое.</b> Распространено во всех регионах возделывания озимых зерновых культур в районах с сильным про- мерзанием почвы.	<b>От низкой до средней</b>
6	<b>Снежная плесень</b> (розовая снежная плесень)  Pink snow mold	<i>Microdochium nivale</i> (Fr.) Samuels & I.C. Hallett	<i>Fusarium nivale</i> Ces. ex Berl. & Voglino; <i>Monographella nivalis</i> (Schaffnit) E. Müll.	<b>Распространенное / Еже- годное.</b> Распространено во всех регионах возделывания озимых зерновых культур.	<b>От низкой до средней</b>
7	<b>Тифулезное вы- превание (тифу- лез)</b>  snow mold (snow rot, Typhula blight)	<i>Typhula</i> spp. В частности:  <i>T. incarnata</i> Lasch. ex Fr.		<b>Распространенное / Пе- риодическое.</b> Распространено во всех регионах возделывания озимых зерновых культур.	<b>От низкой до средней</b>
	<b>(серая снежная плесень)</b>  (gray snow mold)	<i>T. ishikariensis</i> var. <i>ishi- kariensis</i>	<i>Typhula borealis</i> H. Ekstr.		
	<b>(крапчатая снеж- ная плесень)</b>  (speckled snow mold)	<i>T. ishikariensis</i> var. <i>idahoen- sis</i> (Remsberg) Årsvoll & J.D. Sm.	<i>T. idahoensis</i> Rems- berg		
8	<b>Фузариозная кор- невая и стеблевая гниль (гниль проростков)</b>	<i>Fusarium</i> spp.  В частности: <i>F. avenaceum</i> (Fr.) Sacc.	<i>Gibberella zeae</i> (Sch- wein.) Petch	<b>Распространенное / Еже- годное.</b> Распространено во всех регионах возделывания ячменя.	<b>От средней до высокой</b>
	Fusarium root rot, Fusarium crown and foot rot	<i>F. graminearum</i> Schwabe			
	(Fusarium seedling blight)	<i>F. oxysporum</i> Schldtl.			
		<i>F. solani</i> (Mart.) Sacc.			
9	<b>Церкоспорел- лезная корневая (прикорневая) гниль (глазко- вая пятнистость стеблей)</b>	<i>Oculimacula</i> spp. В частности:  <i>Oculimacula yallundae</i> (Wallwork & Spooner) Crous & W. Gams			
	Eyespot	<i>O. aciformis</i> (Nirenberg) Y. Marín & Crous	<i>Pseudocercospora</i> <i>herpotrichoides</i> (Fron) Deighton		
<b>Болезни надземных органов, преимущественно вегетативных (листочечные болезни)</b>					
10	<b>Бурая ржавчина</b>  Leaf rust	<i>Uromyces hordeinus</i> (Ar- thur) Barthol.	<i>Puccinia hordeina</i> Lawrov	<b>Региональное / Редкое.</b> Встречается в Европейской части России.	<b>От низкой до средней</b>

Продолжение таблицы 1 // Table 1 continued

№	Название болезни (общеупотребимое на русском и ан- глийском языках)*	Название возбудителя		Характеристика заболевания	
		Законное	Часто используемые синонимы	Распространение и частота возникновения	Вредоносность для восприимчивых сортов
11	<b>Жёлтая ржав- чина</b>  Stripe rust (yellow rust)	<i>Puccinia striiformis</i> West- end. f. sp. <i>hordei</i> Erikss.	<i>Puccinia glumarum</i> (J.C.Schmidt) Erikss	<b>Региональное / Периоди- ческое.</b> <i>Puccinia striiformis</i> явля- ется патогеном пшеницы. Считается, что на ячмене паразитирует специализи- рованная форма, при упо- минании которой ссыла- ются на работу J. Eriksson (1894), хотя в номенкла- турных базах данных такой таксон отсутствует. На ячмене болезнь встре- чается на всех конти- нентах, имея при этом меньшее значение, чем на пшенице (Wan et al., 2017). В России встречается местами на Северо-Запа- де в годы с прохладной погодой в первой половине вегетации (Иванцова, 2015; Шешегова, 2015). Единич- ные находки были сделаны в Дагестане (Баташева, 2018).	<b>Средняя</b>
12	<b>Карликовая ржавчина</b>  Leaf rust	<i>Puccinia hordei</i> G.H. Otth.		<b>Распространенное / Редкое.</b>	<b>Средняя</b>
13	<b>Мучнистая роса</b>  Powdery mildew	<i>Blumeria graminis</i> (DC.) Speer. ( <i>B. graminis</i> (DC) Speer f. sp. <i>hordei</i> emend. É.J. Marchal)	<i>Erysiphe graminis</i> DC.	<b>Распространенное / Пе- риодическое.</b> Распространено повсе- местно.-	<b>От средней до высокой</b>
14	<b>Полосатая пятни- стость</b>  Barley stripe	<i>Pyrenophora graminea</i> S. Ito et Kurib.	<i>Drechslera graminea</i> (Rabenh.) Shoemaker	<b>Распространенное / Пе- риодическое.</b>	<b>Средняя</b>
15	<b>Рамуляриоз</b>  Ramularia leaf spot	<i>Ramularia collo-cygni</i> B. Sutton & J.M. Waller		<b>Распространенное / Пе- риодическое.</b> Патоген впервые в России был обнаружен в 2011 г. в Краснодарском крае (Афа- насенко и др., 2012). К 2018 г. он распространился по всей Европейской части страны (Белов, 2019).	<b>Средняя</b>
16	<b>Ринхоспориоз</b>  Scald	<i>Rhynchosporium graminico- la</i> Heinsen ex A.B. Frank	<i>Rhynchosporium com- mune</i> Zaffarano, B.A. McDonald & Linde	<b>Распространенное / Редкое.</b> Ранее в качестве возбу- дителя ринхоспориоза ячменя указывали вид <i>Rhynchosporium secalis</i> (Oudem.) Davis., который филогенетически очень близок <i>R. graminicola</i> , но поражает рожь и тритикеле (Crous et al., 2020).	<b>От средней до высокой</b>

Продолжение таблицы 1 // Table 1 continued

№	Название болезни (общеупотребимое на русском и ан- глийском языках)*	Название возбудителя		Характеристика заболевания	
		Законное	Часто используемые синонимы	Распространение и частота возникновения	Вредоносность для восприимчивых сортов
17	Септориоз листьев  Stagonospora blotch	<i>Parastagonospora</i> spp. В частности: <i>P. nodorum</i> (Berk.) Quaed- vlieg, Verkley & Crous  <i>P. avenae</i> (A.B. Frank) Quaedvlieg, Verkley & Crous	<i>Septoria nodorum</i> (Berk.) Berk.; <i>Stagonospora nodo- rum</i> (Berk.) Castell. & E.G. Germano; <i>Phaeosphaeria nodo- rum</i> (E. Müll.) Hedjar <i>Septoria avenae</i> A.B. Frank; <i>Stagonospora avenae</i> (A.B. Frank) Bissett	<b>Распространенное / Пе- риодическое.</b> Указанные виды возбу- дителей на пшенице вызы- вают септориоз листьев и колоса. Но поражение ими колоса ячменя не отмечено.	<b>От низкой до средней</b>
18	Септориоз листьев  Septoria speckled leaf blotch ( <i>Septoria tritici</i> blotch)	<i>Zymoseptoria</i> spp. В частности:		<b>Региональное / Редкое.</b> Встречается с невысокой частотой в центральных областях Европейской части России (Пахолкова, 2003).	<b>От низкой до средней</b>
		<i>Zymoseptoria passerinii</i> (Sacc.) Quaedvl. & Crous	<i>Septoria passerinii</i> Sacc.		
19	Сетчатая пят- нистость – пят- нистая форма (spot-форма)  Net blotch, spot form	<i>Pyrenophora teres</i> Drechsler f. <i>maculata</i> Smed.-Pet.	<i>Drechslera teres</i> (Sacc.) Shoemaker f. <i>maculata</i> Smed.-Pet.; <i>Pyrenophora japonica</i> S. Ito & Kurib.	<b>Региональное / Ежегод- ное.</b>	<b>От средней до высокой</b>
			<i>Drechslera teres</i> (Sacc.) Shoemaker; <i>Drechslera teres</i> (Sacc.) Shoemaker f. <i>teres</i>		
20	Сетчатая пятни- стость – сетчатая форма (net- форма)  Net blotch, net form	<i>Pyrenophora teres</i> Drechsler f. <i>teres</i>	<i>Drechslera teres</i> (Sacc.) Shoemaker; <i>Drechslera teres</i> (Sacc.) Shoemaker f. <i>teres</i>	<b>Распространенное / Еже- годное.</b>	<b>От средней до высокой</b>
21	Стеблевая ржав- чина  Stem rust	<i>Puccinia graminis</i> Pers.:Pers.		<b>Региональное / Периоди- ческое.</b>	<b>От средней до высокой</b>
22	Тёмно-бурая пят- нистость  Spot blotch	<i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker	<i>Cochliobolus sati- vus</i> (Ito et Kurib.) Drechsler ex Dastur	<b>Распространенное / Еже- годное.</b>	<b>От средней до высокой</b>
<b>Болезни генеративных органов (болезни колоса)</b>					
23	Гельминтоспори- оз зерна	<i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker	<i>Cochliobolus sati- vus</i> (Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur	<b>Распространенное / Еже- годное.</b>	<b>От низкой до средней</b> Заражение семян этим грибом часто влечёт за собой снижение массы семян и их всхожести (Kumar et al., 2002). Болезнь особенно вре- доносна для пивова- ренного ячменя. Также патоген часто поражает корни – см. гельмин- тоспориозная корневая гниль.

Продолжение таблицы 1 // Table 1 continued

№	Название болезни (общеупотребимое на русском и ан- глийском языках)*	Название возбудителя		Характеристика заболевания	
		Законное	Часто используемые синонимы	Распространение и частота возникновения	Вредоносность для восприимчивых сортов
24	Ложная пыльная головня (чёрная головня)  False loose smut	<i>Ustilago avenae</i> (Pers.) Rostr.	<i>U. nigra</i> Tapke	Распространенное / Редкое.	От средней до высокой
25	Нигроспороз	<i>Nigrospora gorlenkoana</i> Novobr.		Распространенное / Еже- годное.	Гриб снижает всхо- жесть семян (Орина и др., 2022). Влияние на урожай не изучено.
26	Пыльная головня  Loose smut	<i>Ustilago nuda</i> (C.N. Jensen) Rostr.		Распространенное / Еже- годное.	От средней до высокой
27	Спорынья  Ergot	<i>Claviceps purpurea</i> (Fr.) Tul.		Распространенное / Редкое. Отмечается повсеместно, наиболее часто фиксиру- ется в южных регионах и центре Европейской части России.	Низкая
28	Твердая головня (каменная голов- ня)  Covered smut	<i>Ustilago hordei</i> (Pers.) Lagerh.		Распространенное / Редкое.	От средней до высокой
29	Фузариоз колоса и зерна  Fusarium head blight (FHB, Fusarium ear blight, scab)	<i>Fusarium</i> spp. В частности:		Распространенное / Еже- годное. Распространено во многих регионах возделывания ячменя.	От средней до высо- кой. Заболевание может оказать существенное негативное влияние на урожай ячменя и качество полученного из него солода.
		<i>F. graminearum</i> Schwabe	<i>Gibberella zeae</i> (Schwein.) Petch		
		<i>F. sporotrichioides</i> Sherb.			
		<i>F. avenaceum</i> (Fr.) Sacc.			
		<i>F. langsethiae</i> Torp & Nirenberg			
	<i>F. tricinctum</i> (Corda) Sacc.				

\* названия болезней в подгруппах представлены в алфавитном порядке.

Таблица 2. Второстепенные, малоизученные и не встречающиеся в России грибные заболевания ячменя  
Table 2. Secondary, poorly studied and not found in Russia fungal diseases of barley

№	Название болезни или симптома (общеупотребимое на русском и ан- глийском языках)	Название ассоциированного с заболеванием гриба		Распространение заболева- ния или ассоциированного с ним гриба	Особенности взаимоотношения гриба с ячменём
		Законное	Часто используе- мые синонимы		
<b>Заболевания, связанные с факультативно патогенными грибами</b>					
1	Плесневение се- мян при хранении  Storage molds	Комплекс видов.  <i>В частности:</i> <i>Aspergillus</i> spp., <i>Mucor</i> spp., <i>Penicillium</i> spp., <i>Rhizopus</i> spp.		Грибы распространены повсеместно.	Плесневение развивается после сбора урожая в резуль- тате нарушения режимов заготовки и хранения зерна. Может существенно влиять на качество семян, снижая всхожесть. Может приводить к загрязнению зерна мико- токсинами.

## Продолжение таблицы 2 // Table 2 continued

№	Название болезни или симптома (общеупотребимое на русском и английском языках)	Название ассоциированного с заболеванием гриба		Распространение заболевания или ассоциированного с ним гриба	Особенности взаимоотношения гриба с ячменём
		Законное	Часто используемые синонимы		
2	<b>Стемфилиоз</b>	<i>Stemphylium</i> spp., В частности <i>S. botryosum</i> Wallr., <i>S. vesicarium</i> (Wallr.) E.G. Simmons		Грибы редко, но, по всей видимости, повсеместно встречаются на семенах. Есть единственный кратко описанный случай заражения листьев ячменя <i>S. vesicarium</i> в Египте (Mehiar et al., 1976).	Экономического значения указанные виды не имеют.
3	<b>Чёрнь колоса (черная плесень колоса, сажистая плесень)</b>  Black head molds (sooty molds)	Комплекс видов. В частности: <i>Alternaria</i> spp., <i>Cladosporium</i> spp., <i>Epicoccum</i> spp., <i>Stemphylium</i> spp.		Симптомы и вызывающие его грибы распространены повсеместно.	Появляется в конце вегетации в результате поселения сапротрофных грибов на поверхности колосков (Ганнибал, 2014).
4	<b>Чёрный зародыш</b>  Black point (kernel smudge, kernel blight)	Комплекс видов грибов и бактерий  В частности:		Симптомы распространены повсеместно.	В большинстве случаев симптом не связан с заражением зерновки перечисленными грибами, также как заражение микроорганизмами чаще всего не приводит к появлению симптомов (Ганнибал, 2014). Возможно влияние абиотических факторов и бактериальной инфекции.
		<i>Alternaria</i> spp.		Широко распространённые грибы.	Заражение семян этими грибами обычно не связано с их массой и всхожестью (Ганнибал, 2014, 2018).
		<i>Apiospora arundinis</i> (Corda) Pintos & P. Alvarado	<i>Arthrinium arundinis</i> (Corda) Dyko & B. Sutton	На ячмене заболевание обнаружено единожды в США (Martínez-Cano, 1992).	Чаще всего развивается сапротрофно. Участие этого гриба в развитии симптомов чёрного зародыша доказано слабо.
		<i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker	<i>Cochliobolus sativus</i> (Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur	Широко распространённый гриб.	См. табл. 1 – гельминтоспориоз зерна.
	<i>Cladosporium</i> spp., <i>Epicoccum</i> spp., <i>Stemphylium</i> spp.		Широко распространённые грибы.	Сапротрофы. Участие этих грибов в развитии симптомов чёрного зародыша не доказана.	
	<i>Fusarium</i> spp.		Широко распространённые грибы.	Участие этих грибов в развитии симптомов чёрного зародыша не доказана. Вредоносность – см. фузариоз колоса.	
5	<b>Южная склероциальная гниль (слеротиниозный вилт, южный ожог, воротничковая гниль)</b>  Southern blight, (southern stem blight, white mold, seedling blight, foot rot)	<i>Athelia rolfsii</i> (Curzi) Tu & Kimbr.	<i>Corticium rolfsii</i> Curzi; <i>Sclerotium rolfsii</i> Sacc.	Гриб встречается на различных растениях. В качестве возбудителя болезни ячменя отмечается только в справочной литературе. Достоверные сообщения о значительном поражении ячменя где-либо, включая Россию, отсутствуют.	Гриб развивается в почве, преимущественно как сапротроф, реже как патоген различных растений. В исключительных случаях потери урожая отдельных культур могут превышать 80% (Mehan et al., 1995).

Продолжение таблицы 2 // Table 2 continued

№	Название болезни или симптома (общеупотребимое на русском и английском языках)	Название ассоциированного с заболеванием гриба		Распространение заболевания или ассоциированного с ним гриба	Особенности взаимоотношения гриба с ячменём
		Законное	Часто используемые синонимы		
6	Aureobasidium decay	<i>Microdochium bolleyi</i> (R. Sprague) de Hoog & Herm.-Nijh.	<i>Aureobasidium bolleyi</i> (R. Sprague) Arx; <i>Gloeosporium bolleyi</i> R. Sprague; <i>Idriella bolleyi</i> (R. Sprague) Arx	Широко распространённый гриб, встречается на растениях и в почве.	Гриб обитает в корнях злаковых и других растений, в стеблях, листьях и семенах как эндофит или сапротроф.
<b>Заболевания, вызванные нетипичными для ячменя патогенами</b>					
7	<b>Вертициллезное увядание</b> Verticillium wilt	<i>Verticillium dahliae</i> Kleb.		Гриб встречается на различных растениях. На ячмене был обнаружен единожды в США (Mathre, 1986, 1989).	Гриб широко специализирован, редко вызывает болезни однодольных, но было описано его развитие в ячмене и других злаках в качестве эндофита (Malcolm et al., 2013).
8	<b>Вирреговая пятнистость</b> Wirrega blotch	<i>Pyrenophora wirreganensis</i> (Wallwork, Lichon & Sivan.) Y. Marín & Crous	<i>Drechslera wirreganensis</i> Wallwork, Lichon & Sivan.	Заболевание обнаружено только в Австралии в 1990-е гг. на пшенице, ячмене и некоторых других злаках (Wallwork et al., 1995).	Заболевание сопровождается появлением на листьях вытянутых овальных коричневых пятен с хлоротичной каймой. Потери урожая восприимчивого сорта составляли 13–36% (Wallwork et al., 1995).
9	<b>Жёлтая пятнистость</b> Tan spot	<i>Pyrenophora tritici-repentis</i> (Died.) Drechsler	<i>Drechslera tritici-repentis</i> (Died.) Shoemaker; <i>Helminthosporium tritici-repentis</i> Died.	Гриб широко распространён на территории России и во многих других странах и является возбудителем жёлтой пятнистости пшеницы. Есть отдельные свидетельства способности его вызывать пятнистость на ячмене (Ali, Francl, 2001).	Заболевание на ячмене не вредоносно.
10	<b>Листовая пятнистость</b> Leaf spot	<i>Pyrenophora dictyoides</i> A.R. Paul & Parbery	<i>Drechslera andersenii</i> Scharif ex A. Lam	Патоген райграса, обнаружен на ячмене в Новой Зеландии (Hampton, Matthews, 1978).	Заболевание на ячмене не вредоносно.
11	<b>Карликовая головня</b> Dwarf bunt	<i>Tilletia controversa</i> J.G. Kühn		В России заболевание отмечалось только на пшенице, довольно редко в предгорных районах Северного Кавказа. На ячмене было однократно обнаружено в США (Dewey, Hoffmann, 1975).	Заболевание на ячмене не вредоносно или имеет низкую вредоносность.
12	<b>Корончатая ржавчина</b> Crown rust	<i>Puccinia coronata</i> Corda		Заболевание распространено на овсе. На ячмене оно было зарегистрировано в единичных случаях в США, Венгрии и Китае (Tian et al., 2021).	Заболевание на ячмене не вредоносно или имеет низкую вредоносность.
13	<b>Псевдосепториоз</b> Halo spot	<i>Pseudoseptoria donacis</i> (Pass.) B. Sutton	<i>Selenophoma donacis</i> (Pass.) R. Sprague & Aar. G. Johnson; <i>Septoria donacis</i> Pass.	На ячмене заболевание обнаружено в Аргентине (Carmona et al., 1996).	Заболевание сходно с септориозом листьев. Отмечается на различных злаках (Carmona et al., 1996). Вредоносность не изучена.

## Продолжение таблицы 2 // Table 2 continued

№	Название болезни или симптома (общеупотребимое на русском и английском языках)	Название ассоциированного с заболеванием гриба		Распространение заболевания или ассоциированного с ним гриба	Особенности взаимоотношения гриба с ячменём
		Законное	Часто используемые синонимы		
<b>Редкие малоизученные заболевания</b>					
14	<b>Антракноз</b> Anthracnose	<i>Colletotrichum graminicola</i> (Ces.) G.W. Wils.	<i>Glomerella graminicola</i> D.J. Politis; <i>Dicladium graminicola</i> Cesati	Грибы широко распространены, обитают на многих злаковых травах. В первой половине 20 века посевы зерновых культур в Северной Америке неоднократно страдали от серьезных вспышек антракноза. В последние годы эти грибы вызывают заболевания газонных трав (Crouch, Beirn, 2009; Beirn et al., 2014). В России <i>C. graminicola</i> выявлен в Приморском крае, Дагестане, Северной Осетии (Хохряков М.К., неопубликованные данные; Гасич Е.Л., неопубликованные данные).	Вытянутые овальные пятна обычно с чёрными полосами появляются на стеблях, листьях и колосьях. Иногда вместо пятен весь лист может становиться красновато-коричневым и постепенно отмирать. В результате заболевания размер колоса становится меньше, что приводит к существенным потерям урожая. Грибы известны как патогены и эндофиты (Crouch, Beirn, 2009; Beirn et al., 2014).
		<i>Colletotrichum cereale</i> Manns			
15	<b>Аскохитоз</b> Ascochyta leaf spot (Ascochyta leaf scorch)	<i>Neosascochyta</i> spp. В частности:	Ранее возбудителей обозначали как <i>Ascochyta graminea</i> (Sacc.) R. Sprague & Aar.G. Johnson и <i>A. hordei</i> Hara. Однако эти названия не являются прямыми синонимами видов <i>Neosascochyta</i> .	Достоверные находки <i>N. graminicola</i> на ячмене были сделаны только в Германии и Бельгии. Считается, что в России во всех регионах возделывания зерновых культур встречается <i>N. graminicola</i> (Ишкова и др., 2002), хотя находок видов <i>Neosascochyta</i> на ячмене, верифицированных молекулярными методами, нет. Единственный известный штамм <i>A. graminea</i> из ячменя в Бельгии в результате мультилокусного секвенирования был реидентифицирован как <i>N. graminicola</i> . Все эталонные штаммы <i>A. hordei</i> из ячменя в результате мультилокусного секвенирования были реидентифицированы как <i>Neosascochyta argentina</i> , <i>N. europaea</i> , <i>N. graminicola</i> (Chen et al., 2017; Hou et al., 2020).	Пятна на листьях эллиптические округлые, розово-желтые с коричневой каймой, с погружёнными пикнидами (Chen et al., 2015). Вредоносность не изучена.
		<i>N. argentina</i> L.W. Hou, Crous & L. Cai			
		<i>N. graminicola</i> (Punith.) Qian Chen & L. Cai			
		<i>N. europaea</i> (Punith.) Qian Chen & L. Cai	<i>A. hordei</i> var. <i>europaea</i> Punith.		

Продолжение таблицы 2 // Table 2 continued

№	Название болезни или симптома (общеупотребимое на русском и английском языках)	Название ассоциированного с заболеванием гриба		Распространение заболевания или ассоциированного с ним гриба	Особенности взаимоотношения гриба с ячменём
		Законное	Часто используемые синонимы		
15	Аскохитоз Ascochyta leaf spot (Ascochyta leaf scorch)	<i>Ascochyta sorghi</i> Sacc.		Вид был обнаружен в Европейских странах и в России в Ленинградской области (Мельник, 1977). На ячмене в России нет верифицированных находок. Вероятно, название <i>A. sorghi</i> будет рассматриваться как синоним т.к. эталонные штаммы этого вида в результате мультилокусного секвенирования были реидентифицированы как <i>Neascochyta graminicola</i> (Chen et al., 2015; Hou et al., 2020).	Вредоносность не изучена.
		<i>Sphaerellopsis filum</i> (Biv.) B. Sutton	<i>A. graminicola</i> Sacc. В отечественной литературе <i>A. graminicola</i> ошибочно приводят в качестве синонима <i>A. hordei</i> .	Доказательства способности видов <i>Sphaerellopsis</i> вызывать заболевание ячменя отсутствуют. Эти грибы известны как микопаразиты, часто встречаются на ржавчинных грибах, что может быть причиной ошибочных диагнозов.	Заболевание не вредоносно.
16	Листовая пятнистость Leaf spot	Виды семейства <i>Pleosporaceae</i> В частности:			
		<i>Pyrenophora hordei</i> Wallwork, Lichon & Sivan.		Заболевание описано в Австралии (Wallwork et al., 1992).	На листьях ячменя формируются тёмно-коричневые округлые или овальные пятна, которые, становясь крупнее, оказываются окружены хлорозом. Вредоносность не изучена.
		<i>Pyrenophora seminiperda</i> (Brittleb. & D.B. Adam) Shoemaker		Гриб распространён широко и встречается на различных злаках, реже растениях других семейств (Dokhanchi et al., 2022).	На листьях ячменя формируются тёмно-коричневые овальные пятна. При поражении семян, снижается их всхожесть (Dokhanchi et al., 2022).
		<i>Drechslera siccas</i> (Drechsler) Shoemaker		Обнаружен на ячмене в Новой Зеландии (Hampton Matthews, 1978). Встречается редко.	Вредоносность не изучена.
		<i>Bipolaris cynodontis</i> (Marignoni) Soemaker	<i>Cochliobolus cynodontis</i> R.R. Nelson	Обнаружен на ячмене в Новой Зеландии (Hampton, Matthews, 1978).	Вредоносность не изучена.
17	Ложная мучнистая роса Downy mildew	<i>Sclerophthora raysiae</i> J.A. Crouch & Thines	<i>Sclerophthora raysiae</i> R.G. Kenneth, Koltin & I. Wahl	Гриб был впервые зарегистрирован как патоген ячменя в Израиле в 1958 году. (Kenneth et al., 1964). С середины 1960-х гг. были лишь единичные упоминания об обнаружении этого вида, обычно плохо задокументированные и непроверяемые (Crouch et al., 2022).	Вредоносность не изучена.

## Продолжение таблицы 2 // Table 2 continued

№	Название болезни или симптома (общеупотребимое на русском и английском языках)	Название ассоциированного с заболеванием гриба		Распространение заболевания или ассоциированного с ним гриба	Особенности взаимоотношения гриба с ячменём
		Законное	Часто используемые синонимы		
18	Септориоз	<i>Septoria</i> spp. В частности: <i>Septoria hordei</i> Jacz.		Несмотря на периодические упоминания этих грибов в фитопатологической литературе верифицированные находки этих видов и свидетельства об их патогенности отсутствуют. Также дискуссионным остаётся таксономический статус этих видов.	Вредоносность не изучена.
		<i>Septoria graminum</i> Desm.	<i>Mycosphaerella recutita</i> (Fr.) Johanson		
19	Сколикотрихоз Leaf streak	<i>Graminopassalora graminis</i> (Fuckel) U. Braun, C. Nakash., Videira & Crous	<i>Scolicotrichum graminis</i> Fuckel	Гриб распространён очень широко и встречается на многих злаках, преимущественно как сапротроф, реже как патоген на ослабленных растениях (Braun et al., 2015). В России на ячмене обнаружен не был.	Вредоносность не изучена.
20	Цефалоспориозная пятнистость Cephalosporium stripe	<i>Hymenula cerealis</i> Ellis & Everh.	<i>Cephalosporium gramineum</i> Nisikado & Ikata	Считается, что гриб распространён широко и способен заражать многие злаки, включая зерновые культуры. Существенное поражение гриб вызывает только на пшенице на северо-западе США и в Шотландии (Quincke et al., 2014).	Болезнь особенно распространена и вредоносна в прохладных и влажных регионах. Патоген колонизирует корни, затем распространяется по всему растению, вызывая появление характерных жёлтых длинных полос на листовых пластинках и влагалищах. Экономическое значение болезнь имеет только на пшенице из-за гибели проростков, задержки роста и появления стерильных белых колосьев (Quincke et al., 2014).

\* названия болезней в подгруппах представлены в алфавитном порядке.

При анализе представленных таблиц видно, что наибольшие проблемы при идентификации могут вызвать несколько родов, представленные в микобиоте ячменя сразу несколькими видами, вызывающими появление сходных симптомов и обладающими значительным морфологическим сходством. Это в первую очередь грибы родов *Alternaria* и *Fusarium* и оомицеты родов *Pythium* и *Globisporangium*. Также затруднения может вызвать определение видов родов *Ascochyta*, *Parastagonospora*, *Pyrenophora* и *Typhula*.

Помимо технических проблем в ряде случаев идентификация затруднена недостаточно разработанной таксономией и путаницей в номенклатуре некоторых родов или групп видов. Например, остаётся неясным вопрос отнесения нескольких видов к родам *Neascochyta/Ascochyta* и *Ceratobasidium/Rhizoctonia*. Виды рода *Drechslera* в большинстве своём были перенесены в род *Pyrenophora*, но это пока ещё не было формально сделано в отношении вида *Drechslera siccans*.

Представленный перечень состоит только из видов, которые когда-либо были отмечены как доказанные или предполагаемые возбудители патологий. В него не были

включены виды грибов, которые могут оказываться в семенах, но патогенность которых, в том числе способность влиять на всхожесть семян, не изучалась. Количество таких видов весьма велико. В качестве иллюстрации скажем, что, например, только в одном исследовании в Новой Зеландии в семенах *Hordeum vulgare* было обнаружено 74 вида культивируемых микромицетов (Chong, Sheridan, 1982). В другом исследовании, выполненном с помощью ДНК-метабаркодинга, в семенах ячменя из Ленинградской области было выявлено несколько меньшее, но тоже значительное количество грибов – 43 вида (операционных таксономических единицы) (Kazartsev et al., 2020).

Всего, в результате данной ревизии нами были собраны данные о 49 заболеваниях или потенциальных патологиях, связанных с появлением на ячмене более 80 видов грибов и грибоподобных организмов. Из числа этих заболеваний лишь 29 имеют в настоящее время доказанное практическое значение на территории Российской Федерации. Две трети из числа этих заболеваний были отнесены к распространённым, одна треть – к региональным, но ни одно заболевание мы не смогли классифицировать как локальное. Почти равными долями представлены редкие,

периодические и ежегодные заболевания. Вредоносность для восприимчивых сортов в большинстве случаев существенная, то есть превышает 10%, и относится к категории средней или высокой. Однако стоит иметь в виду, что широкое распространение и потенциально высокая вредоносность не обязательно приводят к реальным потерям урожая. Наличие устойчивых сортов и (или) эффективных фунгицидов обеспечивают защиту от большинства актуальных болезней ячменя.

Двадцать заболеваний, представленных в обзоре, не обладают подтверждённой вредоносностью либо не встречаются в нашей стране. Существование некоторых из них вообще является дискуссионным. Например, упомянутые в таблице два вида возбудителей септориоза (*Septoria*

*graminum*, *S. hordei*) помимо своей редкости и отсутствия вредоносности вряд ли могут быть корректно идентифицированы. Полноценные описания их морфологии, достаточные для различения близких видов, отсутствуют, а молекулярная филогения не изучалась. Поэтому дальнейшее тиражирование информации об этих возбудителях не целесообразно. Подобные проблемы существуют и с некоторыми видами *Ascochyta*, *Colletotrichum* и *Stemphylium*. Считать их причинами болезней ячменя и перечислять те или иные конкретные виды в настоящий момент мы также не рекомендуем. Это будет возможно делать после проведения более детальных микологических и фитопатологических исследований.

Авторы благодарны академику РАН О.С. Афанасенко за обсуждение и советы, данные при подготовке рукописи.

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

### Библиографический список (References)

- Афанасенко ОС, Хэвис Н, Беспалова ЛА, Аблова ИБ, Марьенко ВИ (2012) Рамуляриоз – новая для России болезнь ячменя. *Защита и карантин растений* 1:11–13
- Афонин АН, Грин СЛ, Дзюбенко НИ, Фролов АН (ред.) (2008) Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения. <http://www.agroatlas.ru> (12.10.2022)
- Багашева БА, Куркиев УК, Магомедов ММ (2018) Разнообразии ячменя в Дагестане. Дикорастущий вид *H. spontaneum* С. Koch. *Известия Горского государственного аграрного университета*. 55(4):203–207
- Белов ДА (2019) Защита ячменя от рамуляриоза. *Защита и карантин растений* 5:45–46
- Бондарцева МА, Змитрович ИВ (2021) Род *Rhizoctonia* (Cantharellales) в России. *Микология и фитопатология* 55(6):369–404. <https://doi.org/10.31857/S0026364821060052>
- 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>
- Ганнибал ФБ, Гагкаева ТЮ, Гомжина ММ, Полуэктова ЕВ, Гулятьева ЕИ (2022) Ассоциированные с пшеницей микромицеты и их значимость как возбудителей болезней в России. *Вестник защиты растений* 105(4):164–180. <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2022-105-4-15508>
- Иванцова ЕА (2015) Болезни зерновых колосовых культур. *Фермер. Поволжье*. 7(38):36–38
- Ишкова ТИ, Берестецкая ЛИ, Гасич ЕЛ, Левитин ММ, Власов ДЮ (2002) Диагностика основных грибных болезней зерновых культур. СПб.: ВИЗР. 76 с.
- Левитин ММ (2012) Изменение климата и прогноз развития болезней растений. *Микология и фитопатология* 46(1):14–19
- Мельник ВА (1977) Определитель грибов рода *Ascochyta*. Л.: Наука. 245 с.
- Пахолкова ЕВ (2003) Септориоз зерновых культур в различных регионах Российской Федерации: *Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. к.б.н.* Большие Вязёмы. 24 с.
- Орина АС, Гаврилова ОП, Гагкаева ТЮ (2022) Патогенность грибов рода *Nigrospora*, выделенных из зерна, и влияние фунгицидов на их рост. *Защита и карантин растений* 6:7–10. [https://doi.org/10.47528/1026-8634\\_2022\\_6\\_7](https://doi.org/10.47528/1026-8634_2022_6_7)
- Пересыпкин ВФ, Тютюрев СЛ, Баталова ТС (1991) Болезни зерновых культур при интенсивных технологиях их возделывания. М.: Агропромиздат. 272 с.
- Шешегова ТК (2015) Анализ фитосанитарного состояния посевов яровых зерновых культур в Кировской области (аналитический обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока* 5 (48):10–14
- Ali S, Francl LJ (2001) Recovery of *Pyrenophora tritici-repentis* from barley and reaction of 12 cultivars to five races and two host-specific toxins. *Plant Dis* 85(6):580–584. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2001.85.6.580>
- Beirn LA, Clarke BB, Crouch JA (2014) Influence of host and geographic locale on the distribution of *Colletotrichum cereale* lineages. *PLoS ONE* 9(5): e97706. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097706>
- Braun U, Crous PW, Nakashima C (2015) Cercosporoid fungi (*Mycosphaerellaceae*) 3. Species on monocots (*Poaceae*, true grasses). *IMA Fungus* 6(1):25–97. <https://doi.org/10.5598/imafungus.2015.06.01.03>
- Carmona M, Barreto D, Fortugno C (1996) Occurrence of halo spot in barley caused by *Pseudoseptoria donacis* in Argentina. *EPPO Bulletin* 26(2):437–439. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.1996.tb00608.x>
- Chen Q, Jiang JR, Zhang GZ, Cai L, Crous PW (2015) Resolving the *Phoma* enigma. *Stud Mycol* 82:137–217. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2015.10.003>
- Chen Q, Hou LW, Duan WJ, Crous PW, Cai L (2017) *Didymellaceae* revisited. *Stud Mycol* 87:105–159. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2017.06.002>
- Chong LM, Sheridan JE (1982) Mycoflora of barley (*Hordeum vulgare* L.) seed in New Zealand. *New Zealand Journal of Botany* 20(2):187–189. <https://doi.org/10.1080/0028825X.1982.10428839>
- Crouch JA, Davis WJ, Shishkoff N, Castroagudín VL, Martin F, Michelmore R, Thines M (2022). *Peronosporaceae* species causing downy mildew diseases of *Poaceae*, including

- nomenclature revisions and diagnostic resources. *Fungal Systematics and Evolution* 9:43–86. <https://doi.org/10.3114/fuse.2022.09.05>
- Crouch JA, Beirn LA (2009) Anthracnose of cereals and grasses. *Fungal Divers* 39:19–44
- Crous PW, Braun U, McDonald BA, Lennox CL, Edwards J, Mann RC, Zaveri A, Linde CC, Dyer PS, Groenewald JZ (2020). Redefining genera of cereal pathogens: *Oculimacula*, *Rhynchosporium* and *Spermospora*. *Fungal Systematics and Evolution* 7:67–98. <https://doi.org/10.3114/fuse.2021.07.04>
- Dewey WG, Hoffmann JA (1975) Susceptibility of barley to *Tilletia controversa*. *Phytopathology* 65:654–657
- Dokhanchi H, Arzanlou M, Abed-Ashtiani F (2022) First occurrence of *Pyrenophora semeniperda* a new pathogen on barley in Iran. *Cereal Research Communications* 50:59–66. <https://doi.org/10.1007/s42976-021-00149-x>
- Eriksson J. (1894) Über die Spezialisierung des Parasitismus bei den Getreiderostpilzen. *Ber. Dtsch. Bot. Ges.* 12:292–331.
- Hampton JG, Matthews BD (1978) *Drechslera* spp. on New Zealand certified cereal seed. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 21: 539–542
- Hou LW, Groenewald JZ, Pfenning LH, Yarden O et al (2020) The phoma-like dilemma. *Stud Mycol* 96:309–396. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2020.05.001>
- Kazartsev IA, Gagkaeva TYu, GavriloVA OP, Gannibal PhB (2020) Fungal microbiome of barley grain revealed by NGS and mycological analysis. *Foods and Raw Materials* 8(2):286–297. <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-2-286-297>
- Kenneth RG, Koltin Y, Wahl I (1964). Barley diseases newly found in Israel. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 91:185–193
- 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(4):185–195. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2002.00120.x>
- Lam A (1986) *Drechslera andersenii* sp. nov. and other *Drechslera* spp. on ryegrass in England and Wales. *Transactions of the British Mycological Society* 85(4):595–602.
- Malcolm GM, Kuldau GA, Gugino BK, Jiménez-Gasco MM (2013) Hidden host plant associations of soilborne fungal pathogens: An ecological perspective. *Phytopathology* 103:538–544. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-12-0192-LE>
- Martínez-Cano C (1992) First report of *Arthrinium arundinis* causing kernel blight on barley. *Plant Dis.* 76:1077. <https://doi.org/10.1094/PD-76-1077B>
- Mathre DE (1986) Occurrence of *Verticillium dahliae* on barley. *Plant Dis* 70:981. <https://doi.org/10.1094/PD-70-981c>
- Mathre DE (1989) Pathogenicity of an isolate of *Verticillium dahliae* form barley. *Plant Dis* 73:164–167. <https://doi.org/10.1094/PD-73-0164>
- Mehan VK, Mayee CD, McDonald D, Ramakrishna N et al (1995) Resistance in groundnut to *Sclerotium rolfsii* caused stem and pod rots. *International Journal of Pest Management* 41:79–82
- Mehiar FF, El-Deen E, Wasfy H, El-Samra IA (1976) New leaf diseases of barley in Egypt. *Zentralbl Bakteriol Parasitenkd Infektionskr Hyg.* 131(8):757–759. [https://doi.org/10.1016/s0044-4057\(76\)80066-4](https://doi.org/10.1016/s0044-4057(76)80066-4). PMID: 1037183
- Niks RE, van Heyzen S, Szabo LJ, Alemu SK (2013) Host status of barley to *Puccinia coronata* from couch grass and *P. striiformis* from wheat and brome. *European Journal of Plant Pathology* 136(2):393–405. <https://doi.org/10.1007/s10658-013-0174-y>
- Oberwinkler F, Riess K, Bauer R, Kirschner R et al (2013) Taxonomic re-evaluation of the *Ceratobasidium* – *Rhizoctonia* complex and *Rhizoctonia butinii*, a new species attacking spruce. *Mycol. Progress* 12:763–776. <https://doi.org/10.1007/s11557-013-0936-0>
- Quincke MC, Murray TD, Peterson CJ, Sackett KE et al (2014) Biology and control of *Cephalosporium* stripe of wheat. *Plant Pathol* 63(6):1207–1217. <https://doi.org/10.1111/ppa.12254>
- Sivanesan A (1987) Graminicolous species of *Bipolaris*, *Curvularia*, *Drechslera*, *Exserohilum* and their teleomorphs. *Mycological Papers*. 158 p.
- Tian X, Yao Q, Zhang Z, Cheng X et al (2021) Evidence of occurrence of barley crown rust caused by *Puccinia coronata* var. *hordei* and sexual reproduction of the pathogen under field conditions in China. *Plant Dis* 105(10):2990–2999. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-20-2029-RE>
- Wallwork H, Lichon A, Sivanesan A (1992) *Pyrenophora hordei*—a new ascomycete with *Drechslera* anamorph affecting barley in Australia. *Mycological Research* 96(12):1068–1070. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)80117-2](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)80117-2)
- Wallwork H, Potter TD, Lichon A (1995) Occurrence of Wirrega blotch in barley and other grass species in Australia. *Australasian Plant Pathology* 24:22–25. <https://doi.org/10.1071/APP9950022>.
- Wan A, Wang X, Kang Z, Chen X, Kang Z. (2017). Introduction: History of Research, Symptoms, Taxonomy of the Pathogen, Host Range, Distribution, and Impact of Stripe Rust. In: Chen, X., Kang, Z. (eds) *Stripe Rust*. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-024-1111-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-024-1111-9_1)

#### Translation of Russian References

- Afanasenko OS, Havis ND, Bepalova LA, Ablova IB, Maryenko VI (2012). Ramularia spot blotch – new barley disease in Russia. *Zaschita i Karantin Rasteniy* 1:11–13
- Afonin AN, Greene SL, Dzyubenko NI, Frolov AN (eds.) (2008) Interactive agricultural ecological atlas of Russia and neighboring countries. Economic plants and their diseases, pests and weeds. <http://www.agroatlas.ru> (12.10.2022) (In Russian)
- Batasheva BA, Kurkiev UK, Magomedov MM (2018) Diversity of barley in Dagestan. *Wild species H. spontaneum* C. Koch. *Izvestiya Gorskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta* 55(4):203–207
- Belov DA (2019) Protection of barley against ramulariosis. *Zaschita i Karantin Rasteniy* 5:45–46
- Bondartseva MA, Zmitrovich IV (2021) The genus *Rhizoctonia* (Cantharellales) in Russia. *Mikologiya i Fitopatologiya* 55(6):369–404 (In Russian) <https://doi.org/10.31857/S0026364821060052>

- Gannibal PhB (2014) Alternariosis of grain – a modern view of the problem. *Zashchita i Karantin Rasteniy* 6:11–15. (In Russian)
- Gannibal PhB (2018) Factors affecting *Alternaria* appearance in grains in European Russia. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya* 53(3):605–615. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.3.605eng> (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. <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2022-105-4-15508> (In Russian)
- Ishkova TI, Berestetskaya LI, Gasich EL, Levitin MM, Vlasov DYu (2002) Diagnostics of the main fungus diseases of cereal crops. St. Petersburg: VIZR. 76 p. (In Russian)
- Ivantsova EA (2015) Diseases of cereal ear crops. *Fermer. Povolzhye* 7(38):36–38
- Levitin MM (2012) Climate change and the forecast of development of plant diseases. *Mikologiya i Fitopatologiya* 46(1):14–19 (In Russian)
- Melnik VA (1977) Key to fungi of the genus *Ascochyta*. Leningrad.: Science. 245 p. (In Russian)
- Orina AS, Gavrilova OP, Gagkaeva TYu (2022) Pathogenicity of fungi of the genus *Nigrospora* isolated from grain and the effect of fungicides on their growth. *Zashchita i Karantin Rasteniy* 6:7–10. [https://doi.org/10.47528/1026-8634\\_2022\\_6\\_7](https://doi.org/10.47528/1026-8634_2022_6_7) (In Russian)
- Pakholkova EV (2003) Septorioses of grain crops in different regions of the Russian Federation: *Thesis of the dissertation for the degree of Candidate of Biology*. Bolshie Vyazemy. 24 pp.
- Peresyarkin VF, Tyuterev SL, Batalova TS (1991) Diseases of cereal crops under intensive technologies of their cultivation. Moscow.: Agropromizdat. 272 pp.
- Sheshegova TK (2015) Analysis of phytosanitary conditions of spring grain crops in Kirov oblast (analytical review). *Agrarnaya Nauka Evro-Severo-Vostoka*. 5(48):10–14

*Plant Protection News*, 2023, 106(4), p. 172–186

OECD+WoS: 1.06+RQ (Mycology), 4.01+AH (Agriculture, Multidisciplinary)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2023-106-4-16116>

**Full-text review**

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

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

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

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

Despite the great attention paid to the study of barley diseases, inaccuracies in the names of diseases, their practical significance, and incorrect use of the scientific names of causal agents can be commonly found in the scientific literature. This may lead to confusion and misidentification of the pathogens that can affect this crop especially as relates to phytosanitary requirements. This review continues the series started with a publication devoted to wheat diseases. This review includes information about the main barley diseases and pathogenic organisms causing them, as well as the species emerging as a potential threat to barley. The current taxonomic status of fungal species and fungal-like organisms associated with various organs of barley is given, and the breadth of their distribution and degree of impact on the crop are summarized. The micromycetes were divided into two groups according to their phytosanitary importance. The first group is represented by fungi of great importance as the pathogens causing the 29 economically important common barley diseases. The second group consists of fungi causing 20 minor and poorly studied diseases with unconfirmed harmfulness, or potential endophytic fungi. Perceptions of their ability to cause disease remain controversial and the available data require confirmation. This dataset can be used as a reference for a more accurate description of the phytosanitary situation. The review will also be helpful for more targeted studies using molecular techniques to clarify taxonomy and areals of fungi associated with barley and to provide more detailed data on disease damage in this crop.

**Keywords:** *Hordeum*, harmfulness, distribution, taxonomy, fungi

Submitted: 20.09.2023

Accepted: 30.11.2023

**ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ  $\alpha$ -ТОМАТИНА НА КАРТОФЕЛЬНУЮ КОРОВКУ  
*HENOSEPILACHNA VIGINTIOCTOMACULATA* (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)****М.В. Ермак\*, Н.В. Мацишина, О.А. Собко, П.В. Фисенко**

Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки, Уссурийск

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

Гликоалкалоиды растительного происхождения служат тератогенами, вызывающими различные уродства и аномалии развития насекомых. Ранее в наших исследованиях была обнаружена зависимость развития уродств у картофельной коровки от сорта. Настоящее исследование было предпринято для изучения токсического действия  $\alpha$ -томатина против *Henosepilachna vigintioctomaculata*. В качестве модельного гликоалкалоида нами был выбран томатын. Листья картофеля обрабатывали растворами томатина разной концентрации. Контрольные листья обрабатывали дистиллированной водой. Обработанные листья и личинок первого возраста помещали по 10 на чашку Петри с обработанными листьями. Действие томатина на *Henosepilachna vigintioctomaculata* оценивали по наличию морфологических аномалий у имаго. В результате эксперимента была установлена прямая, достоверная зависимость между концентрацией томатина и частотой морфологических аномалий. Брахеэлитрия и цистэлитрия были наиболее частыми типами аномалий. При обработке корма маточным раствором с 6%-ным содержанием томатина смертность насекомых максимальна и составляет более 70%. Наибольшее количество тератозов (60%) среди выживших особей и относительно высокие показатели смертности (27%) наблюдали при обработке 0.6%-ным раствором томатина. При постепенном уменьшении концентрации томатина происходило закономерное снижение смертности и нарушений развития: при обработке 0.06%-ным раствором смертность составила 17%, доля тератозов 47%; при 0.006% – 17 и 7%; при 0.0006% – 3.3% и 3.4%, соответственно. Таким образом, томатын может быть использован в качестве инсектицидного вещества при возделывании картофеля.

**Ключевые слова:** гликоалкалоиды, инсектицидное вещество, смертность, тератоз, картофель, Приморский край

Поступила в редакцию: 01.08.2023

Принята к печати: 30.11.2023

**Введение**

В течение многих десятилетий в мероприятиях по защите сельскохозяйственных растений от вредителей и болезней в качестве радикального и универсального средства преобладал химический метод. Однако массовое применение пестицидов показало не только их преимущества и перспективность, но и серьезные недостатки. По мере стремительной интенсификации сельскохозяйственного производства и расширения ассортимента применяемых химических средств защиты растений все чаще отмечается резистентность вредных организмов к ним (Морозов и др., 2019). Использование синтетических инсектицидов в качестве метода борьбы с вредителями, несомненно, увеличивает урожайность и защищает хранящуюся продукцию, но их чрезмерное или избирательное использование влечет за собой серьезную опасность для здоровья, токсическое воздействие на нецелевые организмы, прямую токсичность для пользователей и увеличение затрат (Nenaah, 2011).

Современные стратегии защиты сельскохозяйственных культур включают использование естественных врагов вредителей, севооборот, механический контроль вредителей и применение новых средств, включая растительные и животные токсины, что приводит к снижению использования синтетических пестицидов. В настоящее время против вредителей все чаще используются

натуральные вещества. Эти соединения, проявляют противомикробную, фунгицидную и зооцидную активность, более того, они препятствуют поеданию растений фитофагами (Adamski et al., 2016; Nenaah, 2011).

Фитотоксины относятся к различным химическим классам: пептиды, терпеноиды, дикетопиперазины, макролиды, фенольные соединения, гликоалкалоиды. Понимание механизма действия токсина, специфичного для растения, может дать представление об аллелохимических взаимодействиях в системе «вредный организм-растение-хозяин». Хотя фитотоксины могут и не вызывать гибели вредителей, ряд исследователей отмечает снижение плодовитости и успешности отрождения личинок, а также различные морфологические аномалии (Zhang et al., 2022). Эти воздействия снижают численность вредителей, населяющих агроценозы. В результате, количество насекомых-фитофагов снижается, что приводит к употреблению меньшего количества инсектицидов, вносимых в окружающую среду. Следовательно, использование натуральных веществ является одной из наиболее важных стратегий комплексной борьбы с вредителями (Adamski et al., 2016). Природные вещества также играют важную роль в борьбе с инвазивными видами насекомых. В отличие от нативных, инвазивные виды, находясь в нехарактерной для себя среде обитания, могут не развить устойчивость

к фитотоксинам растений, которые не встречались в естественных ареалах обитания (Adamski et al., 2016).

Растения рода *Solanum* (L., 1753) производят вещества, которые можно использовать в целях защиты растений против грибных, бактериальных инфекций и фитофагов (Adamski et al., 2016). Основными гликоалкалоидами томата являются  $\alpha$ -томатин и дегидротоматин. Эти вещества принадлежат к группе соединений стероидных гликоалкалоидов (Iijima et al., 2013). Концентрация  $\alpha$ -томатина (до 5% сырого вещества) выше всего в стеблях, листьях и зеленых плодах (Koh et al., 2013). Листья томата не имеют агрономической ценности, не используются в пищу. Поэтому они являются дешевым источником веществ, которые можно использовать в качестве природных пестицидов (Adamski et al., 2016; Gomes et al., 2014). Так, например,  $\alpha$ -томатин ингибировал рост *Monilophthora perniciosa* ((Stahel) Aime & Phillips-Mora, 2005) (Gomes et al., 2014). Содержание  $\alpha$ -томатина в плодах влияло на

онтогенез личинок *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873) в плодах культивируемых томатов. Альфа-томатин достоверно отрицательно воздействовал на скорость развития и размер головной капсулы личинок (Mulatu, 2006).

Настоящее исследование было предпринято для изучения токсического действия  $\alpha$ -томатина против двадцатисемипятнистой картофельной коровки. Картофельная коровка *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motschulsky, 1858 (Coleoptera: Coccinellidae) является серьезным вредителем картофеля на юге Дальнего Востока. Кроме картофеля, коровка сильно повреждает томаты, огурцы, тыкву, арбузы, кабачки, баклажаны. Жуки и личинки выгрызают паренхимную ткань, скелетируют листья (Ермак, Мацишина, 2022). Даже при низкой численности вредителя (0.2–0.5 особей на растение) в период появления всходов к концу июля – началу августа все листья сплошь оказываются скелетированными, и урожай снижается в 1.5–3 раза (Ермак, Мацишина, 2022).

### Материалы и методы

В качестве модельного гликоалкалоида нами был выбран томатин (Шапиро, 1985). В эксперименте использовался Томатин ХЧ,  $C_{50}H_{83}NO_{21}$  – М 1034.22 г/моль (ROTICHRON-CHR, Германия).

Томатин (ликоперсидин) – алкалоид группы соединений стероидных гликоалкалоидов. Химически чистый томатин представляет собой белое кристаллическое твердое вещество (Jones et al., 2005).

Для изучения действия томатина на *H. vigintioctomaculata* в качестве контрольного растения был выбран сорт картофеля «Смак», который по своим биологическим характеристикам оптимален для развития фитофага (Мацишина и др., 2019; Matsishina et al., 2021). Была проведена обработка листьев картофеля растворами томатина различной концентрации в трёх повторностях по 1600 мкл на лист. Контрольные листья обрабатывали дистиллированной водой (Воронкова, 2020). Листья помещали в чашки

Петри, в каждую чашку подсаживали по 10 личинок I возраста. Листья картофеля меняли каждый день, предварительно нанеся на них исходный маточный раствор, рабочие растворы или дистиллированную воду. Визуальную оценку действия томатина на *H. vigintioctomaculata* оценивали по наличию морфологических аномалий у имаго. Морфологические аномалии описывали по Ю.А. Присному (Присный, 2009).

Для приготовления маточного 6% раствора томатина на 1 мл дистиллированной воды брали 6 мг томатина (Koh et al., 2013). Из готового маточного раствора готовили рабочие растворы нужной концентрации: 10-кратный, 100-кратный, 1000-кратный и 10 тыс. - кратный раствор. Фотофиксацию осуществляли с помощью стереомикроскопа Nikon SMZ 25 (Япония), а также программы Helicon Focus. Статистическую обработку проводили в программе PAST v. 3.17.

### Результаты

В результате эксперимента была установлена прямая, достоверная зависимость между концентрацией томатина и частотой возникновения морфологических аномалий (рис. 1, табл. 1). Наибольшее количество тератозов и высокую смертность наблюдали при обработке 10 и 100-кратными растворами томатина и составили 60.0% / 16.6% и 46.7% / 26.6% соответственно.

Это объясняется аллобиотическим состоянием, которое развивается в результате острых и подострых воздействий

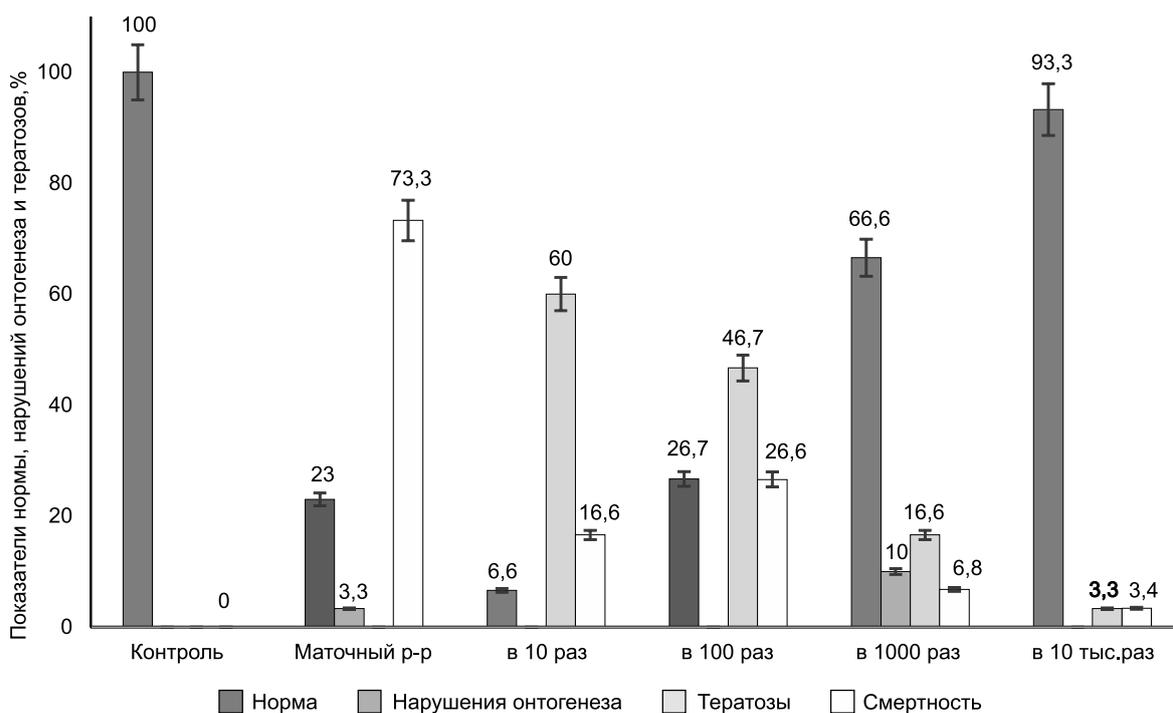
токсичного вещества на личинок, что приводит к увеличению количества аномалий вследствие хронической интоксикации, но к небольшому уменьшению смертности. Меньшие концентрации приводят к возникновению соматогенного отравления, проявляющегося в виде следового поражения структур и функций различных органов, приводящих к гибели организма (Тарасов и др., 2015). При уменьшении содержания томатина происходило закономерное снижение смертности и частоты возникновения

Таблица 1. Статистические показатели к данным, представленным на рисунке 1

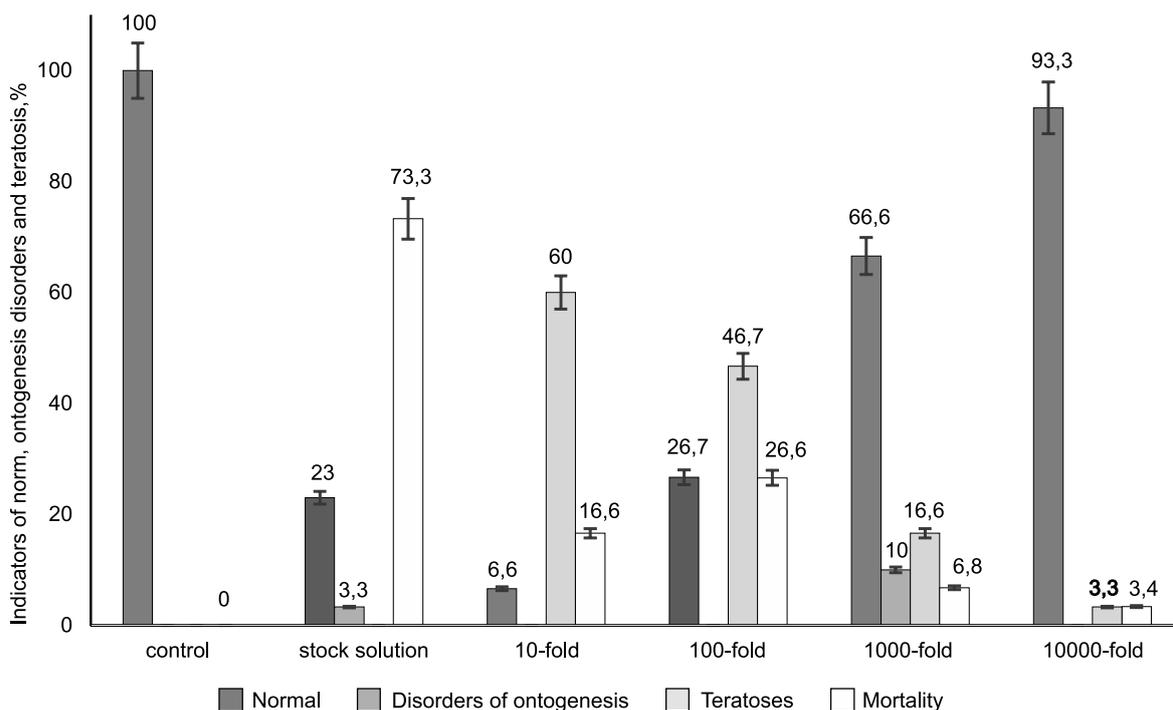
Статистические критерии	Норма	Нарушения онтогенеза	Тератозы	Смертность
Критерий Шапиро-Уилка W	0.894	0.664	0.823	0.858
Критерий Лиллиефорса L	0.245	0.375	0.253	0.232
Распределение Гаусса p (normal)	0.311	0.010	0.270	0.398
Стандартная ошибка	1.609	0.1655	1.064	1.135
Дисперсия случайной величины $D_{[X]}$	15.524	0.163	6.792	7.723
Стандартное отклонение	3.940	0.404	2.606	2.779
Коэффициент вариации	74.764	182.033	123.516	115.872

**Table 1.** Statistical indicators to the data presented in Figure 1

Statistical criteria	Norm	Ontogenetic disorder	Teratoses	Mortality
Shapiro-Wilk test W	0.894	0.664	0.823	0.858
Lilliefors test L	0.245	0.375	0.253	0.232
Gaussian distribution p (normal)	0.311	0.010	0.270	0.398
Standard error	1.609	0.1655	1.064	1.135
Variance D <sub>[X]</sub>	15.524	0.163	6.792	7.723
Standard deviation	3.940	0.404	2.606	2.779
Coefficient of variation	74.764	182.033	123.516	115.872



**Рисунок 1.** Частота возникновения морфологических аномалий и уровни смертности *Henosepilachna vigintioctomaculata* в зависимости от концентрации томатина



**Figure 1.** Morphological anomalies and the mortality levels of *Henosepilachna vigintioctomaculata* in response to the tomatine concentration

нарушений развития: 1000-кратный раствор – уродств 16.6%, смертность – 6.8%; 10 тыс.- кратный раствор – 3.3% и 3.4% соответственно. При воспитании личинок на маточном растворе с 6% содержанием томатина смертность максимальна и составляет более 70%.

Наблюдаемое отклонение выборочной функции распределения результатов исследования от теоретической является статистически значимым. Установлена прямая достоверная зависимость между концентрацией томатина

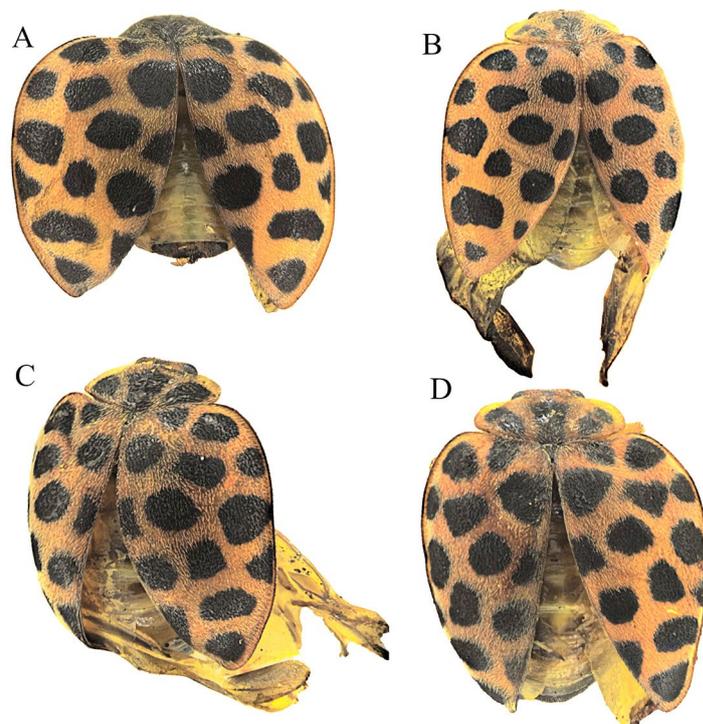
и частотой возникновения морфологических аномалий ( $df=0.82$ ,  $p \leq 0.01$ ). По распределению Гаусса, результаты образуют три чётких кластера, причем показатели, полученные при меньших концентрациях, кластеризуются с контролем (обработка водой). Отрицательные значения коэффициента эксцесса указывают на сглаженное распределение показателей, что косвенно свидетельствует о слабой корреляционной связи между типом аномалий и томатином (рис 1).

### Обсуждение

Ранее мы показали, что при питании сортами картофеля у картофельной коровки зафиксировано 17 типов уродств (Matsishina et al., 2022). При обработках растворами томатина отмечена только одна категория терагозов – аномалии крыльев и надкрыльев (рис. 2, 3, 4). В ходе эксперимента были выделены 2 основных типа аномалий элитр, сочетанные с другими. К первому типу отнесена брахэлитрия (рис. 2), т.е. укорочение или редукция дистальной части, или уменьшение размеров надкрылий (Присный, 2009). Брахэлитрия сопровождалась также недоразвитостью сегментов брюшка, закруглением вершин, жухлостью надкрыльев и деформацией крыльев. Второй тип аномалий – цистэлитрия (рис. 3), т.е. полное или локальное пузыревидное вздутие надкрылий или крыльев при отсутствии или недоразвитии кутикулярных столбиков, соединяющих мембраны крыловых зачатков (Присный, 2009). Были отмечены случаи возникновения этих двух аномалий развития одновременно (рис. 4).

Причину морфологических аномалий следует искать в физиологии насекомых. Известно, что структуру покровов

определяют эпидермальные клетки. Они выделяют ферменты, разрушающие старую кутикулу, всасывают продукты, возникающие в ходе её разрушения, и синтезируют химические вещества новой кутикулы (Мацшина и др., 2021). Важно отметить, что изменения гиподермы насекомых при метаморфозе носит характер передифференцировки ткани, и во время этого процесса гиподерма более чувствительна к внешним воздействиям (Присный, 2009; Barbosa et al., 2014; Кауа, Vega, 2012). Под воздействием экзогенных и эндогенных факторов этот процесс нарушается. Одним из экзогенных факторов является наличие гликоалколоидов в пищевом субстрате насекомых-фитофагов. Известно, что гликоалкалоиды картофеля способны ингибировать ацетилхолинэстеразу, что затрудняет проведение нервного импульса и блокирует координирующую деятельность центральной нервной системы (McGehee et al., 2000; Krasowski et al., 1997). Гликоалкалоиды изменяют проницаемость клеточных мембран, встраиваясь в них в виде специфических стероидных соединений (Roddick et al., 1988). Использование картофельной коровкой некоторых



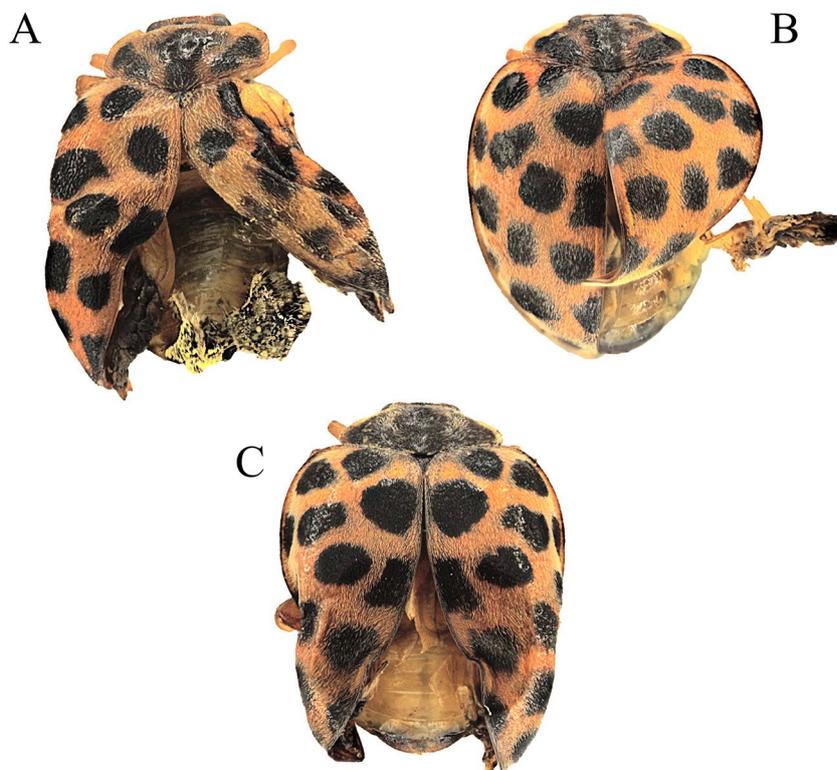
**Рисунок 2.** Брахэлитрия надкрыльев картофельной коровки. А – Брахэлитрия (укорочение надкрылий при недоразвитости сегментов брюшка); В – Брахэлитрия с жухлостью; С – Брахэлитрия с закруглением вершин надкрылий; D – Правосторонняя брахэлитрия

**Figure 2.** Brachelytry of the elytra of the potato ladybird beetle. A – Brachelytry (shorted elytra combined with underdeveloped abdominal segments); B – Brachelytry with withered wings; C – Brachelytry with rounded elytral apices; D – Right-lateral brachelytry



**Рисунок 3.** Цистэлитрия надкрыльев картофельной коровки. А – Левосторонняя цистэлитрия с брахэлитрией и измятостью надкрылий; В – Брахэлитрия с цистэлитрией и меломелией крыла; С – Брахэлитрия с цистэлитрией

**Figure 3.** Cystelytry of the elytra of the potato ladybird beetle. A – Left-lateral cystelytry with brachelytry and crumpled elytra; B – Brachelytry with cystelytry and wings melomely; C – Brachelytry with cystelytry



**Рисунок 4.** Комплексные поражения надкрыльев. А – Двусторонняя цистэлитрия с неотшедшим кукольным экзuviем; В – Правосторонняя цистэлитрия; С – Двусторонняя цистэлитрия с измятостью

**Figure 4.** Complex anomalies of the elytra. A – Bilateral cystelytry with pupal exuviae; B – Right-lateral cystelytry; C – Bilateral cystelytry with crumpled elytra and wings

чужеродных стероидов, поступающих с пищей, для создания собственных клеточных элементов является нормой из-за неспособности синтезировать холестерин самостоятельно (Roddick et al., 1988; Morris, Lee, 1984). Включение в качестве стероидных структур гликоалкалоидов может иметь фатальные последствия для метаболизма и онтогенеза, проявляющиеся в виде морфологических аномалий. Томатин, как и ряд других гликоалкалоидов, может нарушать работу гормональных систем, отвечающих за развитие насекомых и служить причиной тератозов (Chowański et al, 2016). Исследователи отмечают также резкое снижение активности эстераз ювенильных гормонов, отчего увеличивается аллатотропная активность мозга, в результате чего повышается содержание ювенильных гормонов и по этой причине насекомые не могут пройти личиночно-имагинальную линьку, на имаго выходят особи с тератозами, часто бескрылые, имеющие куколочное строение брюшка (Barbour, Kennedy, 1991).

Одним из первых метаболитов, который начали использовать в качестве инсектицида, был алкалоид никотин, экстрагированный из табака (*Nicotiana tabacum*), который воздействует на холинергический ацетилхолин-никотиновый рецептор ацетилхолина в нервных клетках насекомых, что приводит к непрерывному срабатыванию нейронального рецептора и вызывает деполяризацию нервных клеток, что приводит к нейротоксическому эффекту (Pavela, 2016). Другими примерами использования

алкалоидов в борьбе с насекомыми являются капсаицин из экстракта острого перца (*Capsicum annuum*) и азадирахтин, выделенный из семян нима (*Azadirachta indica*). Азадирахтин выступает регулятором роста насекомых, который изменяет поведение и рост насекомых. Он также может действовать как сдерживающий фактор для самок насекомых, что приводит к уменьшению размера яиц и, таким образом, ухудшает размножение насекомых (Pavela, 2007; Qu et al., 2022).

Исходя из полученных данных, мы полагаем, что томатин влияет на формирование конкретной группы морфологических аномалий: нарушает развитие крыльев. По результатам исследования получен патент на изобретение (Ермак и др., 2023). Данные свидетельствуют о глубоком воздействии  $\alpha$ -томатина на жизнеспособность картофельной коровки. Особи с морфологическими аномалиями имеют ограниченную подвижность вследствие поражения локомоторного аппарата. Снижение подвижности имаго приводят к гибели от воздействия абиотических и биотических факторов среды (переувлажнение, перегрев, хищники, антибиотические воздействия сорта). Это элиминирует часть генотипов из популяции и снижает генетическое разнообразие. В комплексе с повышением уровня смертности, это указывает на перспективность применения  $\alpha$ -томатина в качестве инсектицидного средства в рамках концепции фитосанитарной оптимизации агроэкосистем.

### Заключение

В результате исследования установлена прямая достоверная зависимость между концентрацией томатина, частотой возникновения морфологических аномалий и смертностью картофельной коровки. Томатин может быть

использован в качестве инсектицидного вещества для защиты картофеля от таких вредителей, как 28-точечная божья коровка.

### Библиографический список (References)

- Воронкова МВ (2020) Разработка новых средств защиты для повышения продуктивности органического растениеводства. *Вестник аграрной науки* 1(82):30–33. <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2020.1.30>
- Ермак МВ, Мацишина НВ (2022) Картофельная коровка *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.): систематика, морфология и её вредоносность (литературный обзор). *Овощи России* 6:97–103. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-97-103>
- Мацишина НВ, Фисенко ПВ, Собко ОА (2021) Морфологические аномалии в онтогенезе картофельной коровки *Henosepilachna Vigintioctomaculata* (Motschulsky, 1857) (Coleoptera: Coccinellidae). *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук* 3(217):57–62. [https://doi.org/10.37102/0869-7698\\_2021\\_217\\_03\\_09](https://doi.org/10.37102/0869-7698_2021_217_03_09)
- Мацишина НВ, Шайбекова АС, Богинская НГ, Собко ОА и др (2019) Предварительная оценка сортов картофеля отечественной и зарубежной селекции на устойчивость к картофельной двадцативосьмиточечной коровке *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motch. (Fabricius, 1775) в Приморском крае. *Овощи России* 6(50):116–119. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-116-119>
- Морозов ДО, Коршунов СА, Любовецкая АА, Мишунов НП и др (2019) Современные системы интегрированной защиты сельскохозяйственных растений. М.: Росинформагротех. 92 с.
- Ермак МВ, Мацишина НВ, Собко ОА, Фисенко ПВ, Боровая СА (2023) Способ определения устойчивости картофеля к листогрызущим вредителям. Патент на изобретение RUS 2802375
- Присный ЮА (2009) Классификация морфологических аномалий жесткокрылых насекомых (Coleoptera). *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки* 11(66):72–81.
- Тарасов АЮ, Белогоров СБ, Марченко ДВ (2015) Основы токсикологии. Иркутск: ИГМУ. 57с.
- Шапиро ИД (1985) Иммуниет полевых культур к насекомым и клещам. Л. 320 с.
- Adamski Z, Kabzńska M, Pruskaya A, Konwerski S et al (2016) Sublethal Effects of *Solanum tuberosum* and *Lycopersicon esculentum* Leaf Extracts on *Tenebrio molitor* and *Harmonia axyridi*. *Karaelmas Fen ve Müh Derg* 6(1):59–66.
- Barbosa P, Berry DL, Kary CS (2014) *Insect Histology: Practical laboratory techniques*. Chichester, West Sussex: John Wiley&Sons. 386 p.
- Barbour JD, Kennedy GG (1991) Role of steroidal glycoalkaloid  $\alpha$ -tomatine in host plant resistance to Colorado potato beetle. *J Chem Ecol* 17(5): 988–1005. <https://doi.org/10.1007/bf01395604>
- Chowański S, Adamski Z, Marciniak P, Rosiński G et al (2016) A review of bioinsecticidal activity of Solanaceae alkaloids. *Toxins* 8(3):60. <https://doi.org/10.3390/toxins8030060>.

- Gomes LH, Duarte KMR, Andrino FG, Gildemberg AL Jr et al (2014) Alpha-Tomatine against Witches' Broom Disease. *Am J Plant Sci* 05(05):596–604. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2014.55074>
- Jones NA, Nepogodiev SA, Robert A (2005) Field Efficient synthesis of methyl lycotetraoside, the tetrasaccharide constituent of the tomato defence glycoalkaloid  $\alpha$ -tomatine. *Org Biomol Chem* 3(17):3201–3206. <https://doi.org/10.1039/b508752j>
- Iijima Y, Watanabe B, Sasaki R, Takenaka M et al (2013) Steroidal glycoalkaloid profiling and structures of glycoalkaloids in wild tomato fruit. *Phytochemistry* 95:145–157. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2013.07.016>
- Kaya HK, Vega FE (2012) Scope and Basic Principles of Insect Pathology. In: Fernando E. Vega and Harry K. Kaya (eds) *Insect Pathology*. Second Edition. London: Academic Press. 1–12. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384984-7.00001-4>
- Koh E, Kaffka St, Mitchell AIE. (2013) A long-time comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of the glycoalkaloid  $\alpha$ -tomatine in tomatoes. *J Sci Food Agric* 93(7):1537–1542. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5951>
- Krasowski MD, McGehee DS, Moss J (1997) Natural inhibitors of cholinesterases: implications for adverse drug reactions. *Can J Anaesth* 44(5):525–534. <https://doi.org/10.1007/BF03011943>
- Matsishina NV, Fisenko PV, Sobko OA, Volkov DI et al (2021) Morphological abnormalities of the 28-punctata potato ladybug *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motschulsky, 1857) when feeding on potato varieties of various origins. AIP Conference Proceedings: 4th International Conference on Modern Synthetic Methodologies for Creating Drugs and Functional Materials. 030022. <https://doi.org/10.1063/5.0068578>
- Matsishina NV, Fisenko PV, Ermak MV, Sobko OA et al (2022) Traditional Selection Potato Varieties and Their Resistance to the 28-punctata Potato Ladybug *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Coleoptera: Coccinellidae) in the Southern Russian Far East. *Ind J Agr Res* 56(4):456–462. <https://doi.org/10.18805/IJARE.AF-694>
- McGehee DS, Krasowski MD, Fung DL, Wilson B et al (2000) Cholinesterase Inhibition by Potato Glycoalkaloids Slows Mivacurium Metabolism. *Anesthesiology* 93(2):510–519. <https://doi.org/10.1097/0000542-200008000-00031>
- Morris SC, Lee TH (1984) Toxicity and teratogenicity of Solanaceae glycoalkaloids particularly those of the potato (*Solanum tuberosum*): a review. *Food Technol Australia* 36:118.
- Mulatu B, Applebaum SW, Kerem Z, Coll M (2006) Tomato fruit size, maturity and alpha-tomatine content influence the performance of larvae of potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Bull Entomol Res* 96(2):173–178. <https://doi.org/10.1079/BER2005412>
- Nenaah GE (2011) Toxic and antifeedant activities of potato glycoalkaloids against *Trogoderma granarium* (Coleoptera: Dermestidae). *J Stored Prod Res* 47(3):185–190. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2010.11.003>
- Pavela R (2007). Possibilities of botanical insecticide exploitation in plant protection. *Pest Technology*, 1(1): 47–52.
- Pavela R (2016) History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects-a review. *Plant Protect Sci* 52(4): 229–241. <http://dx.doi.org/10.17221/31/2016-PPS>
- Qu M, Merzendorfer H, Moussian B, Yang Q (2022) Bioinsecticides as future mainstream pest control agents: opportunities and challenges. *Front Agr Sci Eng* 9(1):82–97. <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2021404>
- Roddick JG, Rijnenberg AL, Osman SF (1988) Synergistic interaction between potato glycoalkaloids  $\alpha$ -solanine and  $\alpha$ -chaconine in relation to destabilization of cell membranes: Ecological implications. *J Chem Ecol* 14(3):889–902. <https://doi.org/10.1007/BF01018781>.
- Zhang M, Yan J, Ali A, Gao Y (2022) Potato plant variety affects the performance and oviposition preference of *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera: Gelechiidae). *Pest Manag Sci* 78(9):3912–3919. <https://doi.org/10.1002/ps.6625>

#### Translation of Russian References

- Voronkova MV (2020) [Development of new protective means for increasing productivity of organic crop]. *Vestnik agrarnoi nauki* 1(82):30–33 (In Russian) <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2020.1.30>
- Ermak MV, Macishina NV (2022) [Kartofel'naya korovka *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motsch.): sistematika, morfologiya i eyo vreditel'stvo (literaturnyj obzor)]. *Ovoshchi Rossii* 6:97–103 (In Russian) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2022-6-97-103>
- Macishina NV, Fisenko PV, Sobko OA (2021) [Morphological anomalies in the ontogenesis of potato ladybug *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motschulsky, 1857) (Coleoptera: Coccinellidae)]. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk* 3(217):57–62 (In Russian) [https://doi.org/10.37102/0869-7698\\_2021\\_217\\_03\\_09](https://doi.org/10.37102/0869-7698_2021_217_03_09)
- Matsishina NV, Shaibekova AS, Boginskaya NG, Sobko OA et al (2019) [Preliminary study of traditional selection potato varieties resistance for potatoes ladybug *Henosepilachna vigintioctopunctata* Motch. (Fabricius, 1775) in the Primorsky territory]. *Ovoshchi Rossii* 6(50):116–119 (In Russian) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-116-119>
- Morozov DO, Korshunov SA, Lyubovedskaya AA, Mishurov NP et al (2019) [Modern systems of integrated pest management of agricultural crops]. M.: Rosinformagrotekh. 92p. (In Russian)
- Ermak MV, Macishina NV, Sobko OA, Fisenko PV, Borovaya SA [Methods of determination of potato resistance to phyllophagous pests]. Patent for invention RUS 2802375 (In Russian)
- Prisnyi YuA (2009) [Classification of morphological anomalies in beetles (Coleoptera)]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki* 11(66):72–81. (In Russian)
- Tarasov AYu, Belogorov SB, Marchenko DV (2015) [Basics of toxicology: course book for student]. Irkutsk: IGMU. 57 p. (In Russian)
- Shapiro ID (1985) [Immunity of field crops to insects and mites]. Leningrad. 320 p. (In Russian)

THE TOXIC EFFECT OF  $\alpha$ -TOMATINE ON THE 28-SPOTTED POTATO LADYBEETLE  
*HENOSEPILOACHNA VIGINTIOCTOMACULATA* (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)

M.V. Ermak\*, N.V. Matsishina, O.A. Sobko, P.V. Fisenko

*Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East  
named after A.K. Chaika, Ussuriysk, Russia**\*corresponding author, e-mail: ermackmarine@yandex.ru*

Glycoalkaloids of plant origin serve as teratogens, causing various teratoses and abnormalities of insect development. Our previous studies discovered dependence of developmental defects in the 28-spotted potato ladybeetle *Henosepilachna vigintioctomaculata* upon its feeding on certain potato varieties. The present study was undertaken to study the toxic effect of  $\alpha$ -tomatine against the 28-spotted potato ladybeetle. Tomatine was chosen as a model glycoalkaloid. Potato leaves were treated with tomatine solutions in different concentrations. Control leaves were treated with distilled water. Ten first-instar larvae were placed in a Petri dish with treated leaves. The effect of tomatine on *H. vigintioctomaculata* was assessed by appearance of morphological abnormalities in the adults. As a result, a confident direct correlation between the tomatine concentration and the developmental defect frequency was found. Brachelytry and cystelytry were the main anomaly types. When the stock 6% solution was used, insect mortality was the highest, reaching 70%. The highest level of teratoses (60%) among survived insects and relatively high mortality (27%) were observed in insects treated with 0.6% solutions of tomatine. As the tomatine concentration decreased, so did the mortality level and developmental defect frequency. At 0.06% solution treatment, mortality was 17% and quote of teratoses – 47%, at 0.006% – 16.6% and 6.8%; at 0.0006% – 3.3% and 3.4%, respectively. Thus, tomatine can be used as an insecticidal compound for potato cultivation.

**Keywords:** glycoalkaloids, insecticidal compound, mortality, teratosis, potato, Primorskiy Krai*Submitted: 01.08.2023**Accepted: 30.11.2023*

## ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ НА СООБЩЕСТВА АРБУСКУЛЯРНЫХ МИКОРИЗНЫХ ГРИБОВ, АССОЦИИРОВАННЫХ С ОДНОЛЕТНИМИ ИНВАЗИОННЫМИ СОРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ *ASTEROIDEAE*

С.В. Сокорнова<sup>1\*</sup>, Д.М. Малыгин<sup>2</sup>, А.С. Ткач<sup>1</sup>, А.С. Голубев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

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

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

Инвазионные растения галинсога мелкоцветковая *Galinsoga parviflora* и мелколепестник канадский *Erigeron canadensis* часто встречаются в посевах и вдоль пахотных земель. Фактором, способствующим их распространению, может быть ассоциированное с этими однолетними видами сообщество арбускулярных микоризных грибов. На характер симбиотических отношений, складывающихся между растением-хозяином и грибами оказывает влияние как их таксономическая принадлежность, так и абиотические факторы. Целью исследования было определение микоризного статуса *E. canadensis* и *G. parviflora*, произрастающих на пахотных полях и вне их в Пушкинском р-не Санкт-Петербурга. Во всех вариантах, кроме обработки метрибузином, на стадии цветения выявлена высокая интенсивность микоризации и частота колонизации этих растений. Существенное влияние на микоризный статус оказывало внесение гербицидов. В частности, синтетический ауксин 2,4 Д (2-этилгексилэтиловый эфир) стимулировал образование арбускул. Наибольшая колонизация наблюдалась в корнях для *E. canadensis*, выросшего вне поля. Ассоциированные с *E. canadensis* арбускулярные микоризные грибы образовывали отдельную монофилетическую группу. Эта группа, на наш взгляд, отвечает за более эффективный симбиоз и нуждается в дальнейшем более пристальном изучении.

**Ключевые слова:** *Millerieae*, *Astereae*, *Galinsoga parviflora*, *Erigeron canadensis*, микориза, симбиотические грибы, борьба с сорными растениями

Поступила в редакцию: 05.10.2023

Принята к печати: 12.12.2023

### Введение

Галинсога мелкоцветковая *Galinsoga parviflora* Cav. и мелколепестник канадский *Erigeron canadensis* L. – однолетние, инвазионные виды. Эти растения относятся к подсемейству *Asteroideae*, *G. parviflora* входит в трибу *Millerieae*, а *E. canadensis* в трибу *Astereae*. В настоящее время мелколепестник канадский занимает шестое место в списке наиболее распространенных и агрессивных видов России (Сенатор, Виноградова, 2023). В свою очередь *Galinsoga parviflora* является одним из наиболее распространенных сорных растений мира (Pušek et al., 2017).

Встречаемость этих растений на землях сельскохозяйственного назначения имеет свои особенности: *G. parviflora* чаще произрастает непосредственно среди посадок различных культур, в то время как *E. canadensis* предпочитает окраины полей и сопредельные с ними заброшенные территории (Шпанев, 2021).

Для некоторых сорных инвазионных растений подсемейства *Asteroideae* показано, что они в результате образования мутуалистических отношений с арбускулярными микоризными (АМГ) и темноокрашенными септированными эндофитными грибами (ТСЭ) получают ряд существенных преимуществ перед другими растениями. Это происходит прежде всего за счет увеличения доступности питательных веществ и воды, а также повышения устойчивости к неблагоприятным факторам (Mandyam et al., 2012, 2015; Shah et al., 2015; Majewska et al., 2015; Řezáčová et al.,

2021; Malygin et al., 2021). Необходимо отметить, что эффективность симбиоза различных видов растений с АМГ сильно варьирует (Säle et al., 2021) и определяется филогенетическим положением участников и экологическими факторами (Johnson et al., 1997; Jonesand, Smith, 2004).

Для инвазионных *G. parviflora* и *E. canadensis* показано, что они образуют симбиозы с АМГ (Majewska et al., 2015). Однако частота и интенсивность микоризации, а также ее влияние на успешность распространения и развития мелколепестника канадского в разных условиях различно. Например, в условиях болота колонизация корней АМГ приводила к подавлению доминирующего в этой местности мелколепестника канадского *E. canadensis*, и благоприятствовала развитию трех соседствующих с ним субдоминантных видов, включая куммеровию полосатую *Kummerowia striata*, пустырник японский *Leonurus artemisia* и иксерикс *Ixeris polycephala* (Zhang et al., 2014). Высокий микоризный статус *E. canadensis* при произрастании в инвазионном ареале по сравнению с естественным не оказывал влияния на микоризацию аборигенных видов. Более того, показано, что зависимость успешности развития *E. canadensis* от интенсивности и частоты микоризации АМГ в зоне инвазии скорее уменьшалась. В результате авторами было сделано предположение о том, что успешные инвазии этого вида растений обеспечивают другие механизмы (Řezáčová et al., 2021). Это согласуется с

гипотезой этих же авторов о том, что АМГ являются «пассажирами», а не движущими силами инвазий Asteraceae (Shah et al., 2009; Řezáčová et al., 2020). В свою очередь, мутуалистические отношения с АМГ могут быть полезны для многолетних растений в условиях конкуренции с сорными однолетними растениями. Так поддержание здоровых почв, богатых АМГ, может стимулировать позднюю сукцессию многолетних растений, что потенциально ограничивает появление однолетних видов сорных растений (Řezáčová et al., 2022).

В то же время анализ влияния АМГ на галинсогу четырехлучевую *Galinsoga quadriradiata* Ruiz & Pav. показал тонкую регуляцию инвазии, заключающуюся в ингибировании распространения этого растения на больших высотах и стимуляции на низких (Liu et al., 2021; Liu et al., 2023).

Помимо АМГ в корнях *G. parviflora* и *E. canadensis* были выявлены ТСЭ (Mandyam et al., 2012). Так же, как и

в случае с АМГ взаимоотношения растений-хозяев с этой группой грибов предполагает взаимодействие на уровне генотипов и может варьировать от мутуализма до паразитизма (Mandyam et al., 2015). Для *G. parviflora* и *E. canadensis* с помощью инокуляции *in vitro* показано, что ТСЭ стимулируют развитие этих растений и могут ускорять колонизацию корней АМГ (Mandyam et al., 2012).

Таким образом, симбиоз между *G. parviflora* или *E. canadensis* с АМГ может, в зависимости от различных факторов, по-разному влиять на распространение этих сорных инвазионных растений.

Целью данной работы было определение микоризного статуса однолетних инвазионных растений мелколепестника канадского и галинсоги мелкоцветковой, произрастающих на пахотных полях и вдоль них в Пушкинском р-не Санкт-Петербурга.

## Материалы и методы

### Сбор растительного материала

Сбор корней *G. parviflora* и *E. canadensis*, находящихся в фазе цветения, осуществляли из-под растений на глубине 10–15 см. Для каждого вида с 4-х и более растений собирали не менее 15 корней 3–4 порядка. Сбор происходил в течение вегетационных периодов 2022 и 2023 годов на опытном поле Всероссийского НИИ защиты растений (ФГБНУ ВИЗР, Санкт-Петербург, Пушкин), согласно таблице 1.

Почва участка — дерново-подзолистая, суглинистая, с содержанием гумуса в пахотном слое 3–4%, pH 6.3.

Предшественником картофеля являлась пшеница яровая. Обработка почвы под посадку картофеля включала в себя дискование, вспашку, культивацию и нарезку борозд. Норма посадки клубней составляла 32 ц/га. В дальнейшем (в период вегетации) было проведено 2 окучевания.

Обработка почвы под посев пшеницы яровой заключалась в проведении дискования, вспашки и культивации. Предшественником пшеницы яровой являлся картофель. Норма высева семян: 200 кг/га.

### Пробоподготовка

Выявление арбускулярной микоризы в корнях растений проводили с помощью светлопольной микроскопии. Для определения структур арбускулярных микоризных грибов был использован модифицированный метод депигментации и окрашивания (Phillips, Hayman, 1970; Koske, Gemma, 1989). Корни мацерировали в 10% растворе КОН в течение 20 мин. при 70 °С, ополаскивали, окрашивали при 80 °С 10 мин. 10% анилиновым синим в 10% молочной кислоте, затем отмывали 40% молочной кислотой, нарезали на части длиной 1.5 см и раскладывали по 15 отрезков на предметном стекле между параллельными линиями на расстоянии 1 см. Микроскопирование проводили на светлопольном микроскопе Olympus Vx53 с камерой Progress Gryphax Jenoptik (увеличения 400х, 800х).

### Количественная оценка эндомикоризной колонизации корней

Количественный учёт развития АМГ проводили согласно Trouvelot et al. (1986), основываясь на определении соотношения микоризованных и не микоризованных участков корня, а также их насыщенности микоризой.

Таблица 1. Оценка степени микоризации корней растений *G. parviflora* и *E. canadensis*

Вариант	Растение-хозяин	Культура	Дополнительная обработка гербицидом	Норма расхода гербицида (г/га по д.в.)	Кратность	Степень микоризации, %		
						частота	интенсивность на 1 см <sup>2</sup>	интенсивность
1	Галинсога мелкоцветная	картофель (сорт Рябиночка)	метрибузин	720 (до всходов карт) + 210 (по вегетации)	2	0	0	0
2	Галинсога мелкоцветная	пшеница яровая (сорт Сударья)	2.4 Д (2-этилгексилэфир) + флорасулам	120 + 2.5	1	80.1	29.2	31.6
3	Галинсога мелкоцветная	обочина поля	-	-	-	87.3	33.8	36.2
4	Мелколепестник канадский	пшеница яровая (сорт Сударья)	2.4 Д (2-этилгексилэфир) + флорасулам	120 + 2.5	1	79.9	42.8	52.2
5	Мелколепестник канадский	обочина поля	-	-	-	86.6	47.3	54.6
НСР <sub>0.05</sub>						3.7	2.9	3.2

Table 1. Assessment of the degree of mycorrhization of the roots of *G. parviflora* and *E. canadensis* plants

Variant	Host plant	The crop	Additional herbicide treatment	Herbicide consumption rate (g/ha.)	Numbers of applications	Degree of AMF colonization, %		
						frequency	intensity 1 cm <sup>2</sup>	intensity
1	<i>Galinsoga parviflora</i>	Potatoes (Ryabinushka variety)	Metribuzin	720 (до всходов карт) + 210 (по вегетации)	2	0	0	0
2	<i>Galinsoga parviflora</i>	Spring wheat (Sudarynya variety)	2.4 D + Florasulam	120 + 2.5	1	80.1	29.2	31.6
3	<i>Galinsoga parviflora</i>	Field side	-	-	-	87.3	33.8	36.2
4	<i>Erigeron canadensis</i>	Spring wheat (Sudarynya variety)	2.4 D + Florasulam	120 + 2.5	1	79.9	42.8	52.2
5	<i>Erigeron canadensis</i>	Field side	-	-	-	86.6	47.3	54.6
LSD <sub>0.05</sub>						3.7	2.9	3.2

Частоту колонизации АМГ корневой системы рассчитывали по формуле:

$$F, \% = 100 (N - n_0) / N,$$

где  $N$  – общее число просмотренных отрезков,  $n_0$  – количество отрезков без микоризы.

Интенсивность колонизации АМГ корневой системы  $M$  на 1 см корня, выраженная в процентах, рассчитывали по формуле:

$$M, \% = (95n_5 + 70n_4 + 30n_3 + 5n_2 + 1n_1) / N,$$

где  $n_5$  – число отрезков корней, относящихся к 5-му классу интенсивности,  $n_4$  – сумма отрезков корней, относящихся к 4-му классу и т.д.,  $N$  – общее число просмотренных отрезков.

Параметр  $m$ , характеризующий интенсивность колонизации АМГ корневой системы микоризованных отрезков корня, рассчитывался по формуле:

$$m, \% = M / F.$$

Подсчёт обилия арбускул в микоризованной части корня (а) проводился по формуле:

$$a, \% = (100m_{A3} + 50m_{A2} + 10m_{A1}) / 100,$$

где  $m_{Ai}$  вычисляются в соответствии со следующим выражением:

$m_{Ai} = (95n_{5Ai} + 70n_{4Ai} + 30n_{3Ai} + 5n_{2Ai} + 1n_{1Ai}) / (N - n_0) \times 100 / m$ , где  $n_{5Ai}$  – число отрезков корней, относящихся к 5-му классу интенсивности и к  $i$ -му классу по шкале плотности арбускул,  $n_{4Ai}$  – сумма отрезков корней, относящихся к 4-му классу интенсивности и к  $i$ -му классу по шкале плотности арбускул и т.д.;  $i = 1, 2, 3$ ;  $N$  – общее число просмотренных отрезков,  $n_0$  – количество отрезков без микоризы.

Насыщенность корневой системы арбускулами  $A$  вычислялась по формуле:

$$A, \% = a \times M / 100$$

Дисперсионный и многофакторный анализы проводились с помощью надстройки XLSTAT в программе Microsoft Excel, объем выборки составлял 15 отрезков

корней для каждого варианта. Эксперименты проводились не менее двух раз.

#### Выделение ДНК из корней растений

Отмытые корни 3–4 порядка (12 и более растений) из тех же вариантов, которые использовались для микроскопирования, в количестве до 200 мг растирали в жидком азоте. Затем добавляли 500 мкл ЦТАБ буфера (2г ЦТАБ, 28 мл 5М NaCl, 4 мл 0.5М ЭДТА, 5 мл 2М Трис — HCl, дистиллированная вода) с активированным углем (5%) (Koonjul et al., 1999). Далее очистку и выделение ДНК проводили согласно Матвеевой и др. (2011).

Качество выделения ДНК контролировали при помощи электрофореза в 0.8%-м агарозном геле с dsGreen (Lumiprobe) в 0.5% трис боратном буфере. Концентрацию полученной ДНК определяли по маркеру MassRuler™ Express HR Forward DNA Ladder.

#### Полимеразная цепная реакция

Полимеразную цепную реакцию (ПЦР) проводили в 25 мкл реакционной смеси DreamTaq Green PCR Master Mix (2x) (Thermo Scientific) согласно протоколу производителя с 1 мкл ДНК и 1 мкл смеси прямого и обратного праймеров в концентрации 1 пМ/мкл. Амплификацию проводили по локусу хитин-синтазы I при температуре отжига 60 °С, с праймерами CHS-79F (TGG GGC AAG GAT GCT TGG AAG AAG) / CHS-354R (TGG AAG AAC CAT CTG TGA GAG TTG) (Carbone, Kohn, 1999). Праймеры синтезированы компанией «Евроген» (Москва, РФ).

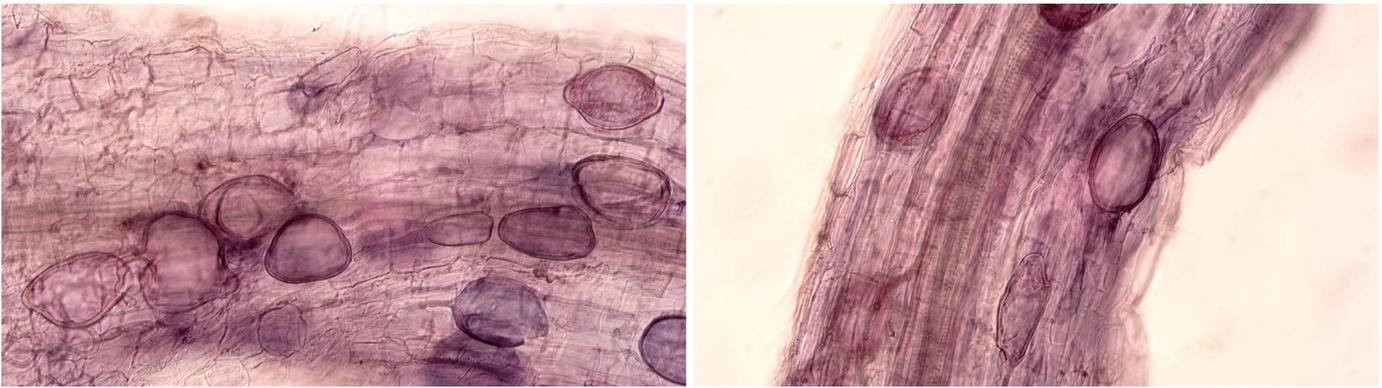
#### Секвенирование и анализ ДНК-последовательностей

Секвенирование осуществляли по Сэнгеру на базе ресурсного центра «Развитие молекулярных и клеточных технологий» СПбГУ. Анализ ДНК-последовательностей проводили с помощью программного пакета MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets (Kumar et al., 2018).

### Результаты и обсуждение

Микроскопические исследования корней растений, собранных на опытном поле ФГБНУ ВИЗР, выявили структуры арбускулярных микоризных грибов у *G. parviflora* и *E. canadensis*, произрастающих как на обочинах вдоль поля, так и на поле, за исключением участка, обработанного метрибузином. Мицелий грибов в корнях растений

имел характерные для АМГ внутриклеточные гифальные спирали и везикулы (рис. 1). В корнях растений, выросших на обработанных смесью 2,4-Д (2-этилгексилловый эфир) и флорасулама участках, наблюдалось существенно более высокое количество арбускул и меньше везикул, что согласуется с литературными данными о влиянии



**Рисунок 1.** Мицелий, гифальные спирали и везикулы в корнях *Erigeron canadensis*  
**Figure 1.** Vesicles and hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi in a root of *Erigeron canadensis*

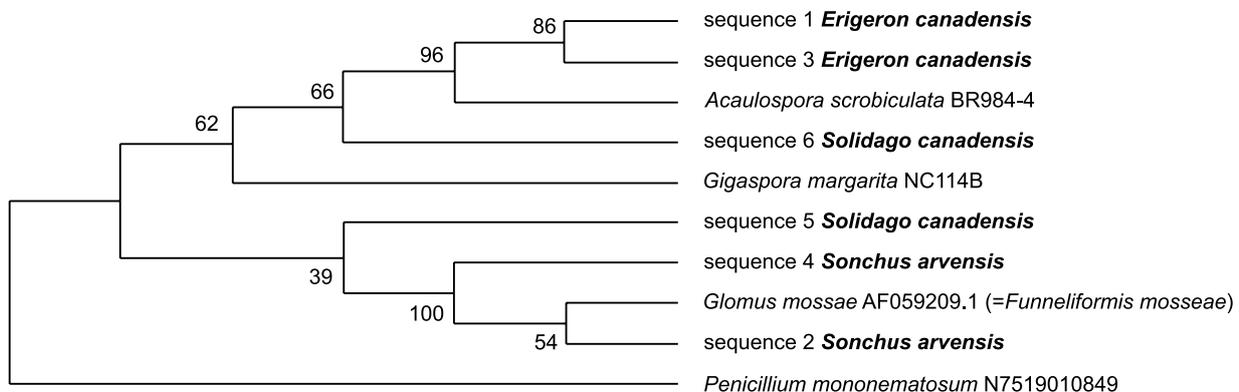
синтетических аюкисинов, в данном случае 2,4-Д, на микоризацию (Etemadi et al., 2014). В то же время интенсивность и частота микоризации были сопоставимы с наблюдаемыми на участках без обработок гербицидами. В отличие от наблюдаемой ранее у золотарника канадского *S. canadensis* картины (авторы, не опубликовано), эндофитные грибы наряду с АМГ встречались только в корнях *E. canadensis* произрастающего вне поля, довольно редко, с частотой  $5 \pm 3\%$ , и не оказывали достоверного влияния на степень микоризации корней. В корнях *G. parviflora* эндофиты выявлены не были.

Частота и интенсивность микоризации корней для обоих видов растений различались в зависимости от варианта произрастания. Вне поля, на необрабатываемых почвах, микоризованность *G. parviflora* и *E. canadensis* была выше (частота на 7.2 и 6.7%, интенсивность на 4.6 и 2.4%, соответственно) (таблица 1).

Анализ структуры сообщества арбускулярных микоризных грибов, ассоциированных с мелколепестником канадским, показал наличие видов из того же кластера, что и у золотарника канадского (*S. canadensis*) (рис. 2). Оба этих инвазивных вида растений относятся к трибе *Astereae*, и микоризный симбиоз является важным фактором, способствующим их распространению (Malygin et al., 2021). В настоящее время показано, что для различных семейств

растений экологическая эффективность взаимодействий между растением-хозяином и арбускулярным микоризным сообществом определяется скорее видовой принадлежностью участников, чем инвазивным статусом (Hanzelková et al., 2023). В отношении видов трибы *Astereae* нами была выдвинута гипотеза о том, что наибольший вклад в мутуалистические отношения с этими растениями вносят грибы порядка *Diversisporales* (Sokornova et al., 2022). Выявленные ДНК-последовательности грибов, ассоциированных с мелколепестником канадским, входят в один кластер с *Acaulospora scrobiculata* BR984-4 относящемуся к порядку *Diversisporales*. К сожалению, по локусам хитин-синтазы I для арбускулярных микоризных грибов в NCBI представлено ограниченное количество последовательностей и для подтверждения этой гипотезы необходимо более широкое исследование, в том числе получение и анализ ДНК-последовательностей по локусу малой субъединицы РНК (SSU), используемому для идентификации арбускулярных микоризных грибов. В то же время, полученные данные подтверждают высказанную нами ранее гипотезу.

Таким образом, внесение гербицидов оказывает влияние на успешность микоризации сорных растений и, как следствие, понижает их конкурентоспособность. В то же время, когда идет полное подавление АМГ сообществ, как в случае с метрибузином, на наш взгляд, требуются



**Рисунок 2.** Филогенетическое древо, построенное методом максимального правдоподобия с бутстрэп поддержкой (400 реплик) по ДНК-последовательностям грибов, ассоциированных с корнями осота полевого *Sonchus arvensis* (триба *Cichorieae*), золотарника канадского *Solidago canadensis* и мелколепестника канадского *Erigeron canadensis* (триба *Asteroideae*) по локусу хитинсинтазы I на основе 389 нп (Kumar et al., 2018)

**Figure 2.** Maximum likelihood phylogenetic tree based on Chitin synthase I sequence alignment (389 positions). Numbers above branches represent percentages of bootstrap values (400 replicates). Sequences of AMF associated with *Sonchus arvensis* (tribe *Cichorieae*), *Solidago canadensis* and *Erigeron canadensis* (tribe *Asteroideae*)

дополнительные исследования по оценке влияния гербицидов этой группы на микробное сообщество ризосферы культурных растений. В целом, разное действие гербицидов на АМГ-сообщество необходимо учитывать при разработке агротехнических мер защиты растений. Успешное распространение инвазивных видов *G. parviflora* и *E. canadensis* в условиях Санкт-Петербурга и Ленинградской области связано, в том числе, с симбиотическими отношениями с арбускулярными микоризными грибами. Основной вектор распространения этих растений это заброшенные, длительное время не обрабатываемые территории. Соответственно, сокращение этих площадей будет

способствовать снижению скорости распространения этих инвазивных видов. Наиболее эффективные мутуалистические отношения инвазивных видов *G. parviflora* и *E. canadensis* складываются, по нашему мнению, с АМГ порядка Diversisporales. Интересно отметить, что зачастую представителей этой группы нет в составе коммерческих препаратов удобрений на основе АМГ (Vahter et al., 2023). Разработка диагностической системы, позволяющей выявлять этот кластер грибов, может помочь в дальнейшем оценить роль этого кластера в распространении растений подсемейства *Asteroideae*.

Работа выполнена в рамках гранта Санкт-Петербурга в сфере научной и научно-технической деятельности 2023 г.

### Библиографический список (References)

- Виноградова ЮК, Майоров СР, Хорун ЛВ (2010) Чёрная книга флоры Средней России. М.: ГЕОС. 512 с.
- Матвеева ТВ, Богомаз ДИ, Лутова ЛА. Малый практикум по геной инженерии: учебное пособие. Санкт-Петербург: Реноме; 2011. 52с.
- Сенатор СА, Виноградова ЮК (2023) Инвазивные растения России: результаты инвентаризации, особенности распространения и вопросы управления. *Успехи современной биологии* 143(4):393–402. <http://doi.org/10.31857/S0042132423040099>
- Шпанев АМ (2021) Рудеральные сорные растения на полях Ленинградской области. *Защита и карантин растений*. 11:11–12. <http://doi.org/10.47528/1026-8634-2021-11-11>
- Carbone I, Kohn LM (1999) A method for designing primer sets for speciation studies in filamentous ascomycetes. *Mycologia* 91:553–556. <https://doi.org/10.2307/3761358>
- Etemadi M, Gutjahr C, Couzigou JM, Zouine M, Laressergues D et al. (2014) Auxin perception is required for arbuscule development in arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Plant Physiol* 166(1):281–92. <http://doi.org/10.1104/pp.114.246595>
- Johnson NC, Graham JH, Smith FA (1997) Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism-parasitism continuum. *New Phytol* 135(4):575–586. <https://www.jstor.org/stable/2558989>
- Jonesand MD, Smith SE (2004) Exploring functional definitions of mycorrhizas: are mycorrhizas always mutualisms? *Canad J Bot* 82(8):1089–1109. <http://doi.org/10.1139/b04-110>
- Hanzelková V, Florianová A, Cajthaml T, Münzbergová Z (2023) Plant genus is a better predictor of plant effects on soil biotic and abiotic properties than plant invasion status. *Biol Invasions* <https://doi.org/10.1007/s10530-023-03162-9>
- Koonjul PK, Brandt WF, Farrant JM, Lindsey GG (1999) Inclusion of polyvinylpyrrolidone in the polymerase chain reaction reverses the inhibitory effects of polyphenolic contamination of RNA. *Nucleic Acids Res* 27(3):915–916. <http://doi.org/10.1093/nar/27.3.915>
- Koske RE, Gemma JN (1989). A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas *Mycol Res*. 92(4), 486–488. [https://doi.org/10.1016/s0953-7562\(89\)80195-9](https://doi.org/10.1016/s0953-7562(89)80195-9)
- 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>.
- Liu G, Liu R, Lee BR, Song X, Zhang W et al. (2023) The invasion of *Galinsoga quadriradiata* into high elevations is shaped by variation in AMF communities. *Plants* 12(18):3190. <https://doi.org/10.3390/plants12183190>
- Liu G, Liu RL, Zhang WG, Yang YB, Bi XQ et al. (2021) Arbuscular mycorrhizal colonization rate of an exotic plant, *Galinsoga quadriradiata*, in mountain ranges changes with altitude. *Mycorrhiza* 31(2):161–171. <https://doi.org/10.1007/s00572-020-01009-y>
- Majewska ML, Błaszowski J, Nobis M, Rola K, Nobis A et al. (2015) Root-inhabiting fungi in alien plant species in relation to invasion status and soil chemical properties. *Symbiosis* 65(3):101–115. <https://doi.org/10.1007/s13199-015-0324-4>
- Makarian H, Poozesh V, Asghari HR, Nazari M (2016) Interaction effects of arbuscular mycorrhiza fungi and soil applied herbicides on plant growth. *Commun Soil Sci Plant Anal* 47:619–629. <https://doi.org/10.1080/00103624.2016.1146744>
- Malygin D, Mandryk-Litvinkovich M, Sokornova S. (2021) Does arbuscular mycorrhiza favor invasion of some *Asteraceae* tribes? *Plant Prot News* 104:144–152. <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2021-104-3-14993>
- Mandyam K, Fox C, Jumpponen A (2012) Septate endophyte colonization and host responses of grasses and forbs native to a tallgrass prairie. *Mycorrhiza* 22:109–119. <https://doi.org/10.1007/s00572-011-0386-y>
- Mandyam KG, Jumpponen A (2015) Mutualism-parasitism paradigm synthesized from results of root-endophyte models. *Front Microbiol* 12(5):776. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00776>
- Phillips JM, Hayman DS (1970) Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *TBMS* 55(1):158–161. [https://doi.org/10.1016/s0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/10.1016/s0007-1536(70)80110-3)
- Pyšek P, Pergl J, Essl F, Lenzner B, Dawson W et al. (2017) Naturalized alien flora of the world: Species diversity, taxonomic and phylogenetic patterns, geographic distribution and global hotspots of plant invasion. *Preslia* 89(3):203–274. <https://doi.org/10.23855/preslia.2017.203>
- Řezáčová V, Řezáč M, Wilson GWT, Michalová T. (2022) Arbuscular mycorrhiza can be disadvantageous for weedy annuals in competition with paired perennial plants. *Sci Rep*. 12(1):20703. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-24669-6>.
- Řezáčová V, Řezáč M, Liblová Z, Michalová T, Heneberg P. (2021) Stable colonization of native plants and early

- invaders by arbuscular mycorrhizal fungi after exposure to recent invaders from the *Asteraceae* family. *Invas Plant Sci Mana* 14(3):147–155 <https://doi.org/10.1017/inp.2021.17>
- Řezáčová V, Konvalinková T, Řezáč M. (2020). Decreased mycorrhizal colonization of *Conyza canadensis* (L.) Cronquist in invaded range does not affect fungal abundance in native plants. *Biologia* 75:693–699 <https://doi.org/10.2478/s11756-020-00446-6>
- Shah MA, Beaulieu ME, Reshi ZA, Qureshi S, Khasa DP (2015) A cross-city molecular biogeographic investigation of arbuscular mycorrhizas in *Conyza canadensis* rhizosphere across native and non-native regions. *Ecol Process* 4:7. <https://doi.org/10.1186/s13717-015-0034-0>
- Shah MA, Reshi ZA, Khasa D (2009). Arbuscular mycorrhizal status of some Kashmir Himalayan alien invasive plants. *Mycorrhiza* 20(1):67–72. <https://doi.org/10.1007/s00572-009-0258-x>
- Shah MA, Reshi ZA, Khasa DP (2009) Arbuscular mycorrhizas: Drivers or passengers of alien plant invasion. *Bot. Rev.* 75, 397–417. <https://doi.org/10.1007/s12229-009-9039-7>
- Sokornova S, Malygin D, Terentev A, Dolzhenko V (2022) Arbuscular mycorrhiza symbiosis as a factor of *Asteraceae* species invasion. *Agronomy* 12(12):3214–3230. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123214>
- Trouvelot A, Kough JL, Gianinazzi-Pearson V (1986) Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes détermination ayant une signification fonctionnelle. In: Gianinazzi-Pearson V, Gianinazzi S (eds) *Physiological and genetical aspects of mycorrhizae*. Proceeding of the 1st European Symposium on Mycorrhizae. INRA: Paris. 217–221 [In French]
- Urcelay C, Tecco PA, Pérez M, Grilli G, Longo MS, Battistella R (2011) Mycorrhizal status and responsiveness of early successional communities from Chaque an region in central Argentina. In Pagano Med, *Mycorrhiza: occurrence in natural and restored environments*. Nova Science Publishers: New York. 147–163
- Vahter T, Lillipuu EM, Oja J, Öpik M, Vasar M, Hiiesalu I. (2023) Do commercial arbuscular mycorrhizal inoculants contain the species that they claim? *Mycorrhiza* 33(3):211–220. <https://doi.org/10.1007/s00572-023-01105-9>
- Zhang Q, Sun Q, Koide RT, Peng Z, Zhou J et al. (2014) Arbuscular mycorrhizal fungal mediation of plant-plant interactions in a marshland plant community. *Sci World J* 12:923610. <https://doi.org/10.1155/2014/923610>

Plant Protection News, 2023, 106(4), p. 195–200

OECD+WoS: 4.01+AM (Agronomy)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2023-106-4-16198>

#### Short communication

### THE EFFECT OF HERBICIDES ON ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ASSOCIATED WITH ANNUAL INVASIVE *ASTEROIDEAE* WEEDS

S.V. Sokornova<sup>1\*</sup>, D.M. Malygin<sup>2</sup>, A.S. Tkach<sup>1</sup>, A.S. Golubev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

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

Invasive plants *Galinsoga parviflora* and *Erigeron canadensis* are common in crops and adjacent territories. One of the factors contributing to their spread is the community of arbuscular mycorrhizal fungi associated with these species. The nature of the symbiotic relationship between the host plant and AMF is determined by their phylogenetic position and place of growth. The aim of this work was to determine the level of mycorrhizal colonization of *E. canadensis* и *G. parviflora* growing in arable fields and along them. For plants at the flowering stage, high rates of frequency and intensity of mycorrhization were revealed. It has been shown that the level of mycorrhizal colonization of *E. canadensis* and *G. parviflora* is significantly influenced by the range of herbicides applied. The application of 2.4 D slightly reduced the intensity of colonization, but significantly stimulated the formation of arbuscules in plant roots. In turn, metribuzin prevented the formation of mycorrhiza. AMF associated with these plants formed a separate clade. This group, in our opinion, is responsible for more effective symbiosis with invasive plants of the *Asteroideae* subfamily and requires further closer study.

**Keywords:** *Millerieae*, *Astereae*, *Galinsoga parviflora*, *Erigeron canadensis*, symbiotic fungi, weed control

Submitted: 05.10.2023

Accepted: 12.12.2023

## DETERMINATION OF *TRICHOGRAMMA EUPROCTIDIS* EFFICACY AGAINST THE KEY PEST, EUROPEAN GRAPEVINE MOTH, *LOBESIA BOTRANA* (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE) IN THE AEGEAN REGION VINEYARDS, TURKEY

**B. Güven<sup>1\*</sup>, F. Özsemerci<sup>1</sup>, F. Ö. Altındışli<sup>1</sup>, B. Mihci<sup>1</sup>, N. Keskin<sup>1</sup>, O. Aşçıoğul<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Directorate of Plant Protection Research Institute Bornova, Izmir, Türkiye

<sup>2</sup>The Aegean Exporters' Association, Alsancak, Izmir, Türkiye

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

European grapevine moth *Lobesia botrana* is the most important pest causing crop losses in most of Türkiye's grape growing regions, feeding mainly on inflorescence and grape berries. This study was carried out to determine the release efficiency and the most efficient dose of the native egg parasitoid, *Trichogramma euproctidis* against *L. botrana* in an organic vineyard located in the Menemen district of Izmir, in the Aegean Region, which has the largest grape production area. In this context, two different release doses at 75 000 and 100 000 parasitoids/ha were applied to find the most effective one. The effectiveness of the parasitoid was compared in terms of pest infestation rates in grape bunches from parasitoid-released and non-released plots just prior to harvest. The infestation rates in plots released 100 000 parasitoids/ha (12, 4 and 5 %) and 75 000 parasitoids/ha (7.5, 11 and 11 %) were lower than control (25, 33 and 70 %) in 2017, 2018 and 2019, respectively. In 2018 and 2019, the high release dose (100 000 parasitoids/ha) applied five or six times in total was the most promising with the lowest pest infestation rates. In this study, the most effective release dose (100 000 parasitoids/ha) of the native egg parasitoid, *T. euproctidis*, was determined for the first time in Türkiye. In conclusion, the results obtained from the study will encourage the use of this parasitoid in organic and integrated grape growing programs.

**Keywords:** egg parasitoid, grape, biological control, pest

Submitted: 28.09.2023

Accepted: 11.12.2023

### Introduction

In Türkiye, 4 165 000 tons of grapes are produced from 384 537 hectares of vineyard area. The Aegean Region, on the other hand, ranks first in Türkiye with its viticulture area of 110 000 hectares. Today, "Sultani Çekirdeksiz (=Sultana)" variety (*Vitis vinifera* L.) takes the first place in terms of export-oriented table grape production in Türkiye and 95 % of grape exports are seedless grapes. Manisa, Denizli and Izmir, which are among the provinces of the Aegean Region, are in the first place in production (Anonymous, 2022). European grapevine moth, *Lobesia botrana* (Denis and Schiffermüller) (Lepidoptera: Tortricidae), which is the major pest in the vineyards of Türkiye, directly damages on the vine by feeding on flowers, unripe and mature grape berries. Additionally, it causes fruit juice to flow from the punctures out of mature berries and creates a suitable environment for saprophyte fungi and afterwards mycotoxin development during unsuitable storage conditions of dried berries and thus indirectly, causing considerable losses in both quality and yield of grape (Altındışli and Özsemerci, 2013). *L. botrana* control is almost the most important source of input and if this pest is not controlled, there is a loss in yield between 45–92 % (Önçağ, 1975). Due to intensive and unconscious chemical control practices, pests become resistant to insecticides and cause disruption of the natural balance by damaging beneficial insects in the ecosystem. For these reasons, it is necessary to develop environmentally friendly control methods that will be an alternative to chemical control of *L. botrana*. Integrated pest management and organic farming are controlled, certified agricultural production

systems that increase the feasibility of biological control applications and give importance to the environment and human health. It is of great importance to use natural enemies against *L. botrana* in grape growing areas where these agricultural programs are implemented.

A number of studies have been carried out to describe parasitoids, specifically or occasionally associated with European grapevine moth (Lucchi et al., 2016; Scaramozzino et al., 2017; 2018). Most of the species associated with EGVM (>95 %) are either parasitic Hymenoptera belonging to the families Braconidae, Chalcididae, Elasmidae, Eulophidae, Ichneumonidae, Pteromalidae and Trichogrammatidae, or belong to Tachinidae (Diptera). Egg parasitoids of the genus *Trichogramma* are one of the most used beneficial insects in biological control, especially against moth species (Pinto, 2006; Querino et al., 2010). *Trichogramma* species are the most widely exploited and used for pest management across the world. There are 230 recorded species and the highest numbers of species have been described from the USA, India, Brazil, China, Russia and Portugal (Jalali et al., 2016; Carlos et al., 2022; Di Giovanni et al., 2022) However, it has been proven that the low effectiveness of some *Trichogramma* applications in biological control is due to the selection of unsuitable species and their application in unfavourable ecological conditions (Reda, 2004; Moreau et al., 2009). Therefore, native species are preferred over exotic species because of their possibility of adapting to climate, habitat and host conditions (Hassan, 1994; Smith, 1996). It was noticed that, in releasing the indigenous *Trichogramma*

*bourarchae* for the control of the grape moth *L. botrana* was more effective than *T. evanescens* in reducing grape yield particularly (Kordy et al., 2014). Indigenous species that are collected from the same region should always be preferred (Van Lenteren et al., 2003).

A limited number of studies have been conducted abroad on the use of different *Trichogramma* egg parasitoid species against the harmful insect *L. botrana* in the vineyard within the scope of biological control. In the Aegean Region, *Trichogramma euproctidis* was found to be the most common and intense species in *L. botrana* eggs (Özsemerci et al., 2016). However, a comprehensive study has not yet been conducted in Türkiye with regard to the release efficacy and effective dose of the egg parasitoid *T. euproctidis* against this pest. Polat and Özpinar (2007), released *T. evanescens* against *L. botrana* only once and neither effective release dose nor efficiency were investigated in the study. In the second study, single release of *T. evanescens* was applied with a single dose in field

conditions, and the effective dose was not revealed (Ayvaz et al., 2008).

In this study, it was aimed to determine the effective release dose and release number to reveal the effectiveness of the mass-produced *T. euproctidis* parasitoid, which is the indigenous species found in the Aegean Region. The effective release dose and release number findings obtained from the study to determine the effectiveness of the parasitoid will contribute to support and using of this parasitoid in organic agriculture, integrated pest and integrated crop management programs. The possibility to suppress the population of *L. botrana* by using native parasitoid in alone or, if necessary, as a complementary treatment using together with a biological pesticide is a very important step for the sustainability of grape growing. As a result, healthy and environmentally friendly products will be obtained and a positive contribution to sustainable grape production will be made by disseminating and putting the local input into practice.

### Materials and Methods

The main material of the study consisted of “Sultani Çekirdeksiz” vineyard in Menemen county of Izmir Province, the Flour moth [*Ephestia kuehniella* Zeller (Lep.: Pyralidae)], the egg parasitoid [*Trichogramma euproctidis* Girault (Hymenoptera: Trichogrammatidae)], biological stages (egg, larva, pupae and adult) of the European grapevine moth [*Lobesia botrana* (Dep. Tortricidae)], pheromone traps (Pherocon 1C, Trece®) and release cards.

#### Production of laboratory host *Ephestia kuehniella*

Fresh eggs of the laboratory host, *E. kuehniella*, were needed for the mass rearing of *T. euproctidis*. *T. euproctidis* were reared in the climate room conditioned at  $25 \pm 1$  °C temperature,  $70 \pm 5$  % relative humidity and a photoperiod of 16:8 (L:D). Larvae of *E. kuehniella*, were reared in an artificial diet consisting of ¼ corn flour, 2/4 wheat flour and ¼ beaten pistachio nut mixtures in plexiglas cages. In order to facilitate pupae formation, cardboard was placed in the culture cages in rolls during the last larval stage (Tunçyürek, 1972).

Emerging *E. kuehniella* adults were transferred to the egg laying cages. One part of the eggs taken daily from these cages were used in parasitoid rearing and the other part of them were used in the rearing of host *E. kuehniella*. In order to prevent embryo development of one-day-old *E. kuehniella* eggs, they were exposed to UV irradiation for 20–25 minutes and stored in the refrigerator at +4 °C. Then, these eggs were glued homogeneously on 200 x 100 mm paper, which was moistened with water. After water dries, the papers were cut into pieces 100 x 1.5 mm) and placed in glass tubes for parasitoid rearing (Tunçyürek, 1972; Uzun, 1989; Cerutti et al., 1992; Goncalves et al., 2005).

#### Rearing of the egg parasitoid *Trichogramma euproctidis*

In this context, first, the native egg parasitoid species were collected directly from each generation of the host pest eggs incubated in the laboratory in order to check for parasitism. Samples of parasitized eggs were sent for species characterization to Dr. Fahriye Sumer Ercan (Ahi Evran University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Genetics and Bioengineering, Kırşehir–Türkiye) and to Richard Stouthammer (Department of Entomology, University of California, Riverside, USA) for validation of results. Parasitoid samples identified as *T. euproctidis* were

reared on *E. kuehniella* eggs in incubator adjusted to  $28 \pm 1$  °C temperature,  $65 \pm 10$  % relative humidity and a photoperiod of 16:8 (L:D) conditions. Rearing was conducted in glass tubes by using eggs glued on the paper cards. Diluted honey solution was smeared on these cards as food for adult parasitoids. Paper cards carrying daily eggs of *E. kuehniella* were taken into glass tubes and offered to newly emerged *T. euproctidis* adults transferred into these tubes for parasitization. Parasitoid adults that completed their development and emerged were transferred to other tubes with fresh *E. kuehniella* egg cards. In this way, parasitoids were continuously reared throughout the year until the end of the study.

#### Determining efficiency of *Trichogramma euproctidis* against *Lobesia botrana*

The study was conducted in a Sultani Çekirdeksiz vineyard of three-ha trained as “T” trellising system (3 x 2 m) in Research and Application Farm of Ege University in Menemen County in Izmir. Plots are comprised of two different release doses (75 000 and 100 000 parasitoids/ha) and unreleased (Control). Each parasitoid releasing plot includes four parallel rows (100 m in length), considering each row as one replication (Reda, 2004). Control plot consisted of 10 rows. Seventy rows were left between control plot and parasitoid released plots, whereas 10 rows were reserved as buffer area between two parasitoid-released plots.

The egg parasitoid *T. euproctidis* has been released against first, second, third and fourth generation of *L. botrana*. Parasitoid release dates have been chosen in each generation of the pest considering egg-laying period. For the determination of the beginning of egg laying, the criteria of Forecasting System have been followed. One each pheromone trap (Pherocon 1 C, Trece®) was installed in the control and parasitoid-released plots when the accumulation of daily maximum temperatures reached to 1000 °C. The monitoring traps have been checked two or three times until first adult has been captured, then once a week. Parasitoid release dates were timed according to:

- a) When the capture of adults began in traps,
- b) The accumulation of daily effective temperatures reached to 95–100, 450–460 and 970–980 degree days,

c) Phenological growth stages of grapevine reached to Inflorescence separated, Berries pea-sized and Veraison in 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> generations, respectively, and

d) Monitoring population fluctuation and new egg laying in 4<sup>th</sup> generation (Altindisli, 2014).

When the infestation rate of *L. botrana* exceeded 5–6% in grape flowers or bunches, bioinsecticide based on *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* was applied against larvae (Altindisli et al., 2016). Tractor-mounted orchard sprayer (Model: ATA 400 L-capacity, equipped with 12 ceramic hollow cone nozzles, Agrotek Spraying Machinery & Agricultural Technology Import Export Agricultural Products Industry Trade. Ltd.-Manisa-Türkiye) has been used in the vineyard for pesticide applications. High working pressure (25 bar) and different application rates (700–1100 l / ha) according to grape phenological stages have been used during sprayings.

By estimating the egg laying date of the pest in each generation, release bags containing parasitoid carrier cards were placed in each row at 5 m intervals at the height of the clusters (approximately 1.2 m) (Reda, 2004). Two different doses (75 000 and 100 000 parasitoids/ha) have been applied in each releasing time to determine the most effective dose. *E. kuehniella* eggs of different ages including pre-adult (larval, prepupal and pupal) stages of the parasitoid have been used during releases to cover egg laying period of *L. botrana* as long as possible (Uzun et al., 1996). All application procedures have been

similar in two parasitoid-released plots. Biological features of the parasitoid during releases have been explained in Table 1.

**Assessment**

Grape bunches were checked in parasitoid releasing and control plots to decide the time of parasitoid release and to determine infestation rates. The infestation rates in each plot just before harvest have been analysed statistically to evaluate the effectiveness of the parasitoid against the pest. In order to determine the effect of the parasitoid, 25 grape bunches from each replication, (totally 100 bunches per plot) were checked before harvest. Infection rates in the parasitoid-released and control plots were determined and compared by  $\chi^2$  test ( $P < 0.05$ ) by using the SPSS Statistics Software 21.

**Table 1.** Some biological features of *Trichogramma euproctidis* in release cards

**Таблица 1.** Некоторые биологические особенности *Trichogramma euproctidis* в карточках выпуска

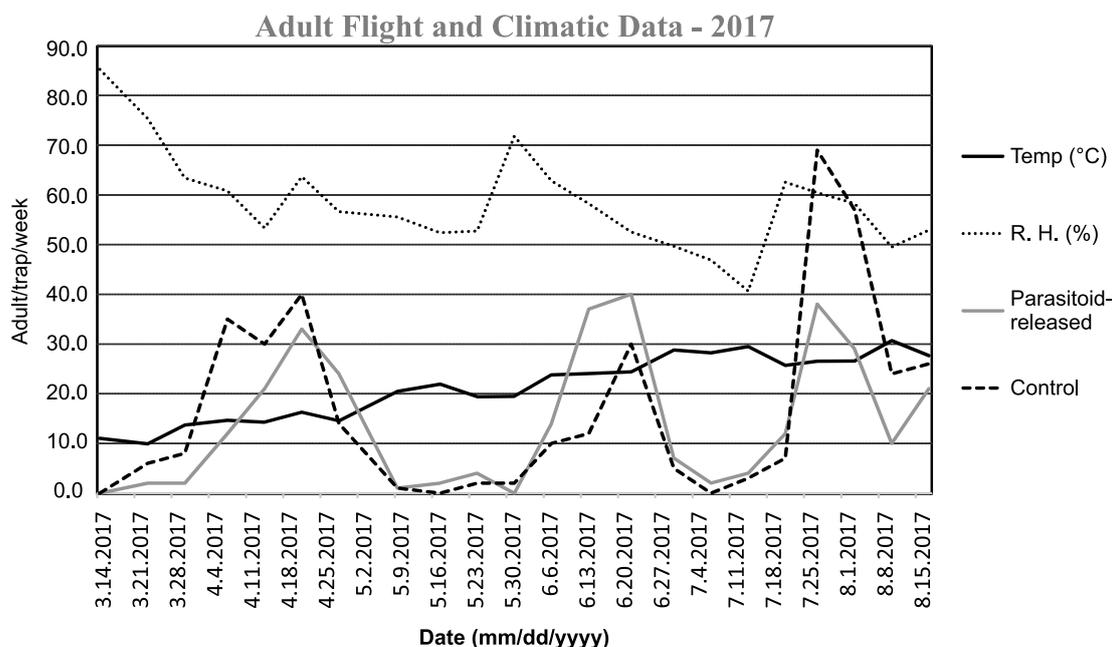
Biological Stage	Ratio (%)	Developmental period (Day)
Larva	20	3
Prepupa	20	4
Pupa	30	6
Pupa	30	7

**Results**

**Population fluctuation in pheromone traps**

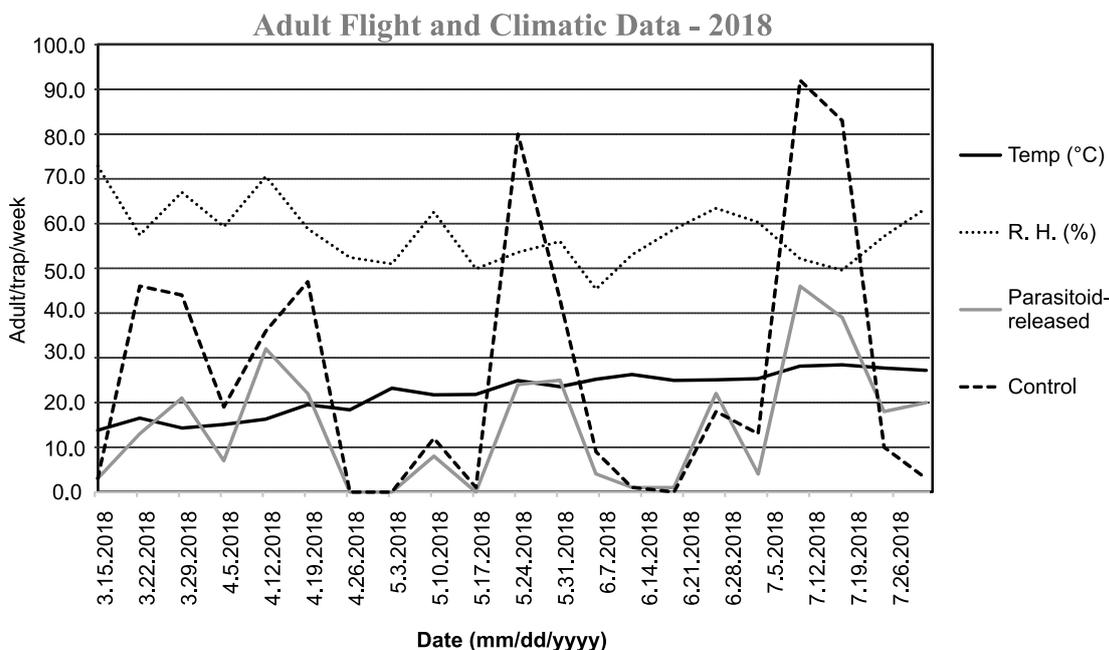
Pheromone traps were hanged into trial vineyard on 8 March 2017, 9 March and 9 March 2019. First adults were captured on 24 March 2017, 15 March 2018 and 29 March 2019, respectively. Weekly trap catches and climatic data regarding average temperature and relative humidity in 2017–2019 are presented in Figure 1, 2 and 3 respectively.

As seen in Figure 1, three generations of *L. botrana* have been clearly observed in the trial vineyard in 2017. Generally, adult population of each generation in parasitoid released plots was lower than control. The highest number of adults captured in the release plots were 33, 40 and 38 observed on 14 April, 07 June and 27 July, respectively. Adults number observed in the control plots, on 14 April, 07 June and 27 July were 40,



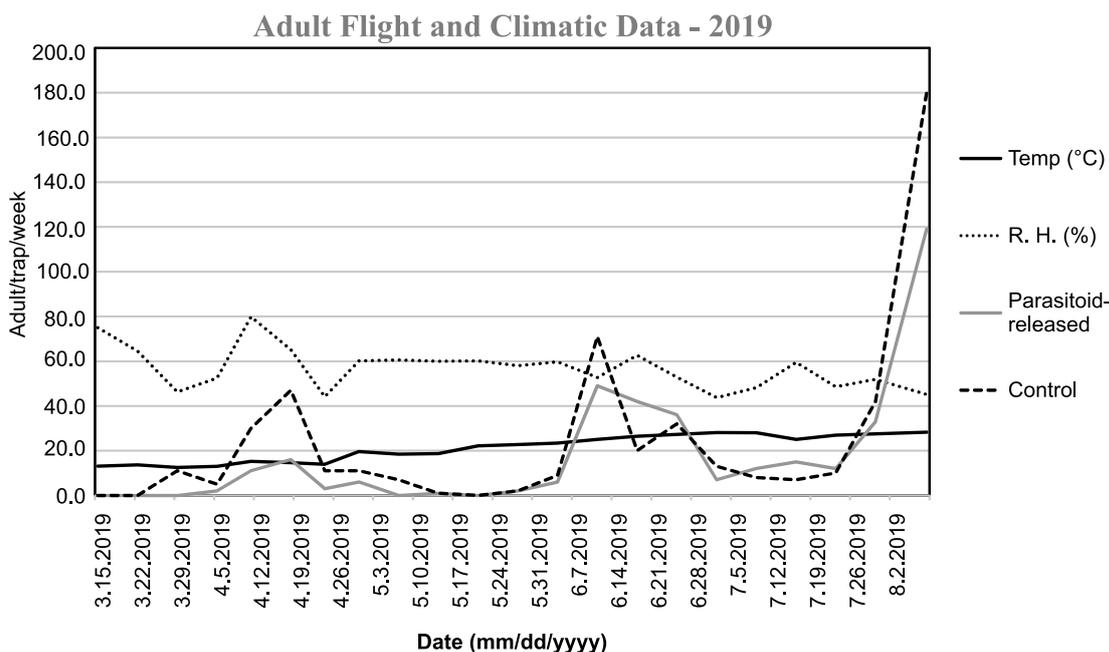
**Figure 1.** Weekly trap catches of *Lobesia botrana* in parasitoid-released and control plots and climatic data regarding average temperature and relative humidity in Menemen-Izmir in 2017

**Рисунок 1.** Еженедельные уловы *Lobesia botrana* на участках, где были выпущены паразитоиды, и на контрольных участках, а также климатические данные о средней температуре и относительной влажности в Менемен-Измире в 2017 году



**Figure 2.** Weekly trap catches of *Lobesia botrana* in parasitoid-released and control plots and climatic data regarding average temperature and relative humidity in Menemen-Izmir in 2018

**Рисунок 2.** Еженедельные уловы *Lobesia botrana* на участках, где были выпущены паразитоиды, и на контрольных участках, а также климатические данные о средней температуре и относительной влажности в Менемен-Измире в 2018 году



**Figure 3.** Weekly trap catches of *Lobesia botrana* in parasitoid-released and control plots and climatic data regarding average temperature and relative humidity in Menemen-Izmir in 2019

**Рисунок 3.** Еженедельные уловы *Lobesia botrana* на участках, где были выпущены паразитоиды, и на контрольных участках, а также климатические данные относительно средней температуры и относительной влажности в Менемен-Измире в 2019 году

30 and 69 respectively, Similarly in Figure 2, adult population of each generation in parasitoid released plots was lower than control in 2018. In the release plots, number of adults observed on 12 April, 31 May and 10 July, were 32, 25 and 46 respectively. In the control plot, on 19 April, 25 May and 10 July, the highest number were detected as 46, 80 and 92 adults, respectively. However, earlier adult emergence and two peaks were observed in the first generation probably due to warmer winter

and extreme climatic conditions such as heavy rain between 24 and 26 March and low temperature (min. 4°C) on 30 March 2018. Rainy period has been repeated in the first three weeks of June 2018, inhibiting adult flight and decreasing trap catches. It caused overlapping of second and third generations in June and July by occurring egg-laying period with one-week interval on 19 and 26 June 2018 and longer egg laying period in July 2018 (Table 2). Grapevine phenology and *L. botrana*

biology developed earlier in 2018. Grape berries matured and were harvested two weeks earlier than 2017 (Table 3).

As shown in Figure 3, adults of *L. botrana* have been observed in the monitoring traps throughout the season in the control and release plots since March 29, 2019. In the release plots, three peaks were observed on 18 April, 12 June and 8 August 2019, capturing 16, 55 and 119 adults. In the control plot, on the same dates, the highest number were detected as 47, 80 and 180 adults, respectively. Studies have shown that the first adults of *L. botrana* emerge in the second half of March in the vineyards of Izmir (Özsemerci et al., 2016). Similarly, it has been determined that the first adult flight of *L. botrana* in the vineyards of Hatay Province begins in March and the pest generally produces three generations a year, once in April, June and July in the southern Türkiye (Çağlar, 2009).

**Determining efficiency of *Trichogramma euproctidis* against *Lobesia botrana***

Dates when the Forecasting criteria including egg detection were met and used for the timing of *Trichogramma* releases, were given in Table 2, whereas dates of counting, complementary B.T. applications against *L. botrana* and infestation rates in each generation of the pest were presented in Table 3.

**Table 2.** Dates of Forecasting criteria for the timing of *Trichogramma* releases against *Lobesia botrana* in Menemen-Izmir in 2017, 2018 and 2019

**Таблица 2.** Даты прогнозирования критерии определения сроков выпуска *Trichogramma* против *Lobesia botrana* в Менемен-Измире в 2017, 2018 и 2019 годах

2017			
Peak (Gen.)*	d-d*	Egg det.*	Phenological stage
04/14 (1.)	92	n.d.*	Inflorescence sep.
-	400	05/31	Pea-sized berry
06/07 (2.)	465	06/06	Pea-sized berry
-	979	07/11	Before veraison
07/27 (3.)	1216	07/27	Before veraison
-	1430	08/09	Maturation
08/17 (4.)	1558		Maturation
2018			
Peak (Gen.)*	d-d*	Egg det.*	Phenological stage
04/19 (1.)	95	n.d.*	Inflorescence vis.
-	435	05/18	Pea-sized berry
05/25 (1.)	476	05/22	Berries small
-	850	06/19	Bunch closure
06/26 (2.)	970	06/26	Berries still green
-	1085	07/03	Before veraison
07/10 (3.)	1284	07/10	Veraison
2019			
Peak (Gen.)*	d-d*	Egg det.*	Phenological stage
04/18 (1.)	134	n.d.	Inflorescence vis.
06/11 (2.)	438	05/31	Pea-sized berry
-	589	06/11	Pea-sized berry
-	707	06/20	Bunch closure
-	1008	07/09	Before veraison
-	1204	07/23	Veraison
08/08 (4.)	1329	07/30	Maturation

\*: Peak (Gen.): Peak (Generation); d.d.: degree-day; Egg det.: Egg detection; n.d.: not detected.

As shown in Table 2 and 3, the first release of the parasitoid has been made on 19 April 2017 in the trial plots even before egg laying since other necessary criteria such as flight peak, phenology and degree-day not to get risk in the beginning. When the damage of the first generation larvae became noticeable in the inflorescences, very high infestation rates were detected in two parasitoid release plots (21.6 and 22.9%) and in the untreated control plot (30.7%) in the assessment on 18 May 2017. It was observed that a single release is not sufficient to be effective during the long egg-laying period in the first generation. Trandeva (1993) reported that *L. botrana* lays a large number of eggs during the first generation, but the egg parasitoids cannot be effective in this period due to precipitation and low average temperatures, and the effectiveness of the releases begins to increase from the second generation.

**Table 3.** Dates of counting, parasitoid release, BT applications and infestation rates of *Lobesia botrana* in Menemen-Izmir in 2017, 2018 and 2019

**Таблица 3.** Даты учета, выброса паразитоидов, применения ВТ и уровня заражения *Lobesia botrana* в Менемен-Измире в 2017, 2018 и 2019 годах

2017					
Count	Release	B.T. Appl.*	Infestation rate (%)		
			75000	100000	Control
04/19	04/19	-	-	-	-
05/18	05/31	-	21.6	22.9	30.7
06/06	06/07	05/06	10.0	22.0	24.0
07/06	07/11	-	7.0	10.0	39.0
07/11	07/27	-	6.7	1.7	39.4
07/27	08/01	-	7.3	7.4	33.0
08/09	08/09	-	14.0	10.0	43.1
08/17 (harvest)			7.5	12.5	25.0
2018					
Count	Release	B.T. Appl.*	Infestation rate (%)		
			75000	100000	Control
04/19	-	04/20	14.0	10.0	38.0
05/18	05/18	-	8.0	5.0	16.0
05/22	05/25	-	5.0	4.0	25.0
05/31	-	-	12.0	6.0	20.0
06/26	06/27	-	11.0	3.0	26.0
07/23	07/23	07/10	13.0	4.0	30.0
07/31 (harvest)			11.0	4.0	33.0
2019					
Count	Release	B.T. Appl.*	Infestation rate (%)		
			75000	100000	Control
05/31	05/31	04/26	7.0	3.0	14.0
06/11	06/12	-	9.0	4.0	12.0
06/20	06/20	-	8.0	4.0	27.0
06/25	-	-	20.0	5.0	41.0
07/02	07/09	-	14.0	6.0	38.0
07/09	07/23	-	20.0	4.0	41.0
07/23		-	12.0	5.0	48.0
07/30	07/31	-	-	-	-
08/08 (harvest)			11.0	5.0	70.0

\*: B.T. Appl.: Bioinsecticide application based on *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*.

Since spraying could not be done against the first generation of *L. botrana*, infestation rates of second generation were determined as 10 and 22% in the release plots on 6 June 2017. One day before parasitoid release, a complementary application with *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* was made against the second-generation larvae to help suppressing high population density (Table 3). Although more parasitoids were released, the infestation rate in clusters was found to be higher in 100 000 parasitoids/ha plot compared to 75 000 parasitoids/ha plot in 2017.

It was considered that higher infestation rate in the 100 000 parasitoids/ha application occurred because the 10 rows of safety strips left between the 100 000 parasitoids/ha application plot and control plot were not sprayed. For this reason, in the experiment conducted in 2018, the number of rows between 100 000 parasitoids/ha releasing plot and control plot as safety increased from 10 to 70 and were applied regularly with B.T. In the plots that had a total of 7 times parasitoid releases during the season in 2017, the infestation rate in the clusters was found to be lower (7.5 and 12.5%) than in the control (25%), but it is seen that it is not at an acceptable level.

In 2018, when the injury of first generation became clear, a very high infestation level by larvae was detected in the release and control plots (14%, 10% and 38%) in the assessment on April 19. Therefore, an application with B.T. was made on 20 April 2018 against the first generation before the start of parasitoid releases. This application has been very useful in reducing the population level of the pest. Between 18 May and 10 July, from the second generation to the end of the third generation for 8 weeks, the pest could be controlled through four releases, especially in 100 000 parasitoids/ha-released plot. However, due to an unexpected problem on the rearing of *T. euproctidis*, no release could be made on 10 July 2018, and it was obligatory to spray with B.T. once again (Table 3). After this date, the problem in production was solved and a release against the fourth generation was made on July 23, 2018. After this last release, the density of the pest did not increase until harvest. In the final assessment made on July 31, 2018, the infestation rates were 33% in the control, 4% in 100 000 parasitoids/ha, and 11% in 75 000 parasitoids/ha-released plots. Harvest in the trial area started on 31 July 2018. With the release of 100 000 parasitoids/ha for 5 times in total, the infestation rate of *L. botrana* in the clusters was the lowest compared to the control and at an acceptable level in terms of the success (<5–6%) (Altindisli et al., 2016).

Based on grape phenology, pest biology and accumulation of degree-day, an application was made against the first generation of *L. botrana* using B.T. on April 26, 2019, in order to reduce the population density. This application has been very useful in controlling the population of the pest, and the infestation level did not increase after the releases of parasitoids until harvest, especially in the application of 100 000 parasitoids/ha. In the control plot, the infestation rate of the pest reached a very high level. Because of the counting made on May 31, 2019, at the beginning of the second generation damage, larval infestation rates of 7%, 3% and 14% were determined in the parasitoid release and control plots, respectively (Table 3). The first parasitoid release was made same day just after the assessment count.

Afterwards, as newly laid *L. botrana* eggs were found on 11 June 2019, the second parasitoid release was made on 12

June 2019. The pest was monitored until the harvest and when new eggs were found in the vineyard, parasitoid release was repeated if more than one week had passed since the previous release. Although adults were regularly captured in the traps in July, a significant peak did not occur in the third generation (Table 2). Harvest in the experimental area started on August 8, 2019, when adult numbers began to increase in the traps.

In the last assessment before harvest on August 8, the infestation rate was recorded as 70% in the control, 5% in the application of 100 000 parasitoids/ha, and 11% in the application of 75 000 parasitoids/ha (Table 3). With the release of 100 000 parasitoids/ha 6 times in the season, it is seen that the infestation rate in the clusters is the lowest compared to the control and is at an acceptable level in terms of the success of the efficacy. In summary, no other insecticide was used in 2017, 2018 and 2019, except for biological pesticide applications of B.T. recommended by us in order to reduce the initial population density of *L. botrana*, which was very high in all the plots. As known, B.T. used to control this pest in vineyards has been found to be harmless against many *Trichogramma* species (Smith, 1996; Reda, 2004).

In this study, the parasitoid carrier cards in the release bags were brought to the laboratory and examined under a microscope one week after each release to determine the hatching rates of parasitoid eggs in the nature. The hatching rates of parasitoid eggs released in the field were found to be 86%, 83% and 90% in 2017, 2018 and 2019, respectively. Reda (2004) obtained similar results with 77.7–97.4% parasitoid emergence rates in the released labels in the efficacy study of many *Trichogramma* species against *L. botrana* in the vineyard.

As stated in biological control studies using *Trichogramma* species, evaluating parasitism rates alone is insufficient to determine the effectiveness of the parasitoid. It has been reported that the efficacy of egg parasitoids from *Trichogramma* and other genera can only be interpreted in relation to an indicator showing host population level per unit area (for example, decrease in infestation rate) (Smith, 1996; Reda, 2004). For this reason, this study was designed in such a way as to make an evaluation on the infested bunch number only. In order to determine the effectiveness of the released parasitoid, the infestation rates before harvest were compared and evaluated (Table 4).

The two applications experiment were compared in pairs with the Chi-square method and grouped statistically. There was no difference between the two release doses in 2017 in terms of infestation rates in the clusters ( $X^2= 1.510$ ;  $S.d= 2$ ;  $p= 0.219$ ); A difference was found in 2018 ( $X^2=33.859$ ;  $S.d= 2$ ;  $p= 0.00$ ) and 2019 ( $X^2=126.20$ ;  $S.d=2$ ,  $p=0.00$ ). As a result of the pairwise comparisons, the control plot formed a different group from *Trichogramma*-released plots in three years: in 2017 – [ $X^2= 13.469$ ;  $p.d= 1$   $p= 0.001$ ]; in 2018 – ( $X^2=4.348$ ;  $p.d= 1$   $p= 0.037$ ) and in 2019 –  $X^2 =2.496$ ;  $p.d=1$ ;  $p=0.118$ ] (Table 4).

In 2018 and 2019, the lowest infestation rates were determined as 4% and 5% for two consecutive years, respectively. Accordingly, it is thought that the release of 100 000 parasitoids/ha provides the lowest cluster infestation rate compared to the control and remains below 5–6%, which is an acceptable level for the success of environmentally friendly control (Anonymous, 2014; Altindisli et al., 2016).

**Table 4.** Infestation rates of *Lobesia botrana* in Menemen-Izmir just before harvest in 2017, 2018 and 2019  
**Таблица 4.** Уровень заражения *Lobesia botrana* в Менемен-Измире непосредственно перед сбором урожая в 2017, 2018 и 2019 гг.

Treatment	2017				
	Total # of bunches	Infested bunch		Uninfested bunch	
		#	Ratio (%)	#	Ratio (%)
75 000 parasitoids/ha	106	8	7.5 a	98	92.5
100 000 parasitoids/ha	120	15	12.0 a	105	87.0
Control	104	26	25.0 b	78	75.0
	2018				
	Total # of bunches	Infested bunch		Uninfested bunch	
		#	Ratio (%)	#	Ratio (%)
75 000 parasitoids/ha	100	11	11.0 b	89	89.0
100 000 parasitoids/ha	100	4	4.0 c	96	96.0
Control	109	36	33.0 a	73	76.0
	2019				
	Total # of bunches	Infested bunch		Uninfested bunch	
		#	Ratio (%)	#	Ratio (%)
75 000 parasitoids/ha	100	11	11.0 b	89	89.0
100 000 parasitoids/ha	100	5	5.0 c	95	95.0
Control	100	70	70.0 a	30	30.0

### Discussion

In the research carried out within the scope of integrated control in the vineyards in Bulgaria, *Trichogramma dendrolimi*, *T. embryophagum* and *T. pintoi* have been released three times against the first and second generations of *L. botrana* (400 000, 600 000 and 400 000 parasitoids/ha) as well as sprayings of insecticides and fungicides that are necessary. *T. embryophagum* and *T. dendrolimi* suppressed *L. botrana* population below the targeted level, keeping infestation rates at 2% and 5.8%, respectively in 1993 (Trandeva, 1993). In Germany, Reda (2004) released different strains of 11 *Trichogramma* species (220 000 parasitoids/ha) once against the second and third generations of *L. botrana* in vineyard areas where pesticides are also used. The highest reduction in cluster infestation rate was recorded in the plots where *T. cacoeciae* (Cac-94) was released with an average of 83.2%. Unlike this study, the lowest infestation rates were obtained with higher parasitoid number and less release number.

El Wakeil et al. (2009,) obtained the lowest cluster infestation rates of 9.2% and 4.4%, respectively, applying two release doses (50 000 parasitoids/ha and 75 000 parasitoids/ha) of the egg parasitoid *Trichogramma evanescens* four times against *L. botrana* in vineyard areas in Egypt. In this study, a similar lowest infestation rate of 4% was obtained by using higher parasitoids (100 000 parasitoids/ha) and release numbers at shorter release interval.

As can be seen above, successful results were obtained below the targeted levels in studies conducted with different species, doses, release numbers and intervals regarding the release efficiency of *Trichogramma* species against different population densities of *L. botrana* in different countries and grape varieties. To date, the effectiveness of *Trichogramma*

egg parasitoids released against *L. botrana* in vineyards has varied according to the selected parasitoid species and quality (lifetime, egg laying, search capacity and hatching rates), release rate and frequency, pest density, variable climatic and growing conditions, release and evaluation criteria (Smith, 1996; Moreau et al., 2009). For example, in the studies conducted by Trandeva (1993), Reda (2004) and El Wakeil et al. (2009), other parameters such as day-degree and plant phenology in the Forecasting System were not used to determine the release time of the egg parasitoid, apart from adult flight monitoring of the pest with pheromone traps. In addition, higher doses and longer release intervals have been used (Trandeva, 1993; Reda, 2004). Except for the study conducted by El Wakeil et al., (2009) in Egypt, the lowest number of parasitoids and the lowest cluster infestation rates were obtained in this study.

In the Aegean Region, where viticulture is the most common and economically important, *Lobesia botrana* is the key pest of grapevines as it directly damages the fruit. When any wrong application is made regarding the control of the pest in the first generation, the population of the pest is usually high in the following generations and the damage increases. In order for the biological control of the pest to be successful, the management strategy is to reduce the population density with an appropriate insecticide against the first generation, preferably with B. T.. Then, when the eggs of the second, third and, if necessary, fourth generations begin to appear or when they are expected to be laid, it should be suppressed by releasing 100 000 *T. euproctidis* parasitoids/ha up to six times with 1–2 week intervals. Depending on the continuation of the oviposition period, the number of releases should be reduced or increased.

## References

- Altindisli FO (2014) New approaches for the management of European grapevine moth (*Lobesia botrana* Den. & Schiff.). *BIO Web Conf* 3:01009 <https://doi.org/10.1051/bioconf/20140301009>
- Altindisli FO, Ozsemerci F (2013) Efficacy evaluation of RAK 2 PRO dispensers against *Lobesia botrana* on Sultani Cekirdeksiz grapes in Turkey. *IOBC/WPRS Bull* 91:219–225
- Altindisli FO, Ozsemerci F, Koclu T, Akkan U, Keskin N (2016) Isonet LTT, a new alternative material for mating disruption of *Lobesia botrana* in Turkey. *BIO Web Conf* 3:01029 <https://doi.org/10.1051/bioconf/20160701006>
- Anonymous (2014) [General Directorate of Agricultural Research and Policies, Department of Plant Health, Vineyard Pests Standard Pesticides Testing Methods]. 159p. (In Turkish) <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Ba%C4%9F%20Zarar%C4%B1lar%C4%B1%20Standart%20%C4%B0la%C3%A7%20Deneme%20Metotlar%C4%B1.pdf>
- Anonymous (2022) T.R. [Statistical Institute, Crop Production Statistics]. (In Turkish) <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-1.Tahmini-2023-49534#:~:text=Buna%20g%C3%B6re%202023%20y%C4%B1%C4%B1%20%C3%BCretim,ton%20olarak%20ger%C3%A7ekle%C5%9Fece%C4%9Fi%20tahmin%20edildi>
- Ayvaz A, Karasu E, Karabörklü S, Yılmaz S (2008) Dispersal ability and parasitization performance of egg parasitoid *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in field and storage conditions. *Turk J Biol* 32(2):127–133
- Cağlar SY (2009) [Determination of the pests, parasitoids and predators with population growth of the grape moth, *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Tortricidae) in the vineyards of Hatay province]. *PhD Thesis*, 143 p. (In Turkish)
- Carlos C, Gonçalves F, Villemant C, Paredes D, Salvação J, Torres L (2022) Parasitoids of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) in the Douro Demarcated Region vineyards and the prospects for enhancing conservation biological control. *Bull Entomol Res* 112(5):1–10. <https://doi.org/10.1017/S0007485322000116>
- Cerutti F, Bigler F, Bosshart S (1992) Optimal larval density and quality control aspects in mass rearing of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zell. (Lep., Phycitidae). *J Appl Entomol* 114(5):353–361. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1992.tb01139.x>
- Di Giovanni F, Ricciardi R, Loni A, Scaramozzino PL et al (2022) Back to the wild: the parasitoid community of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) in a grapevine-free natural environment. *Insects* 13(7):627. <https://doi.org/10.3390/insects13070627>
- El Wakeil NE, Farghaly H, Ragabi A (2009) Efficacy of *Trichogramma evanescens* in controlling the grape berry moth *Lobesia botrana* in grape farms in Egypt. *Arch Phytopathol Plant Protect* 42 (8), 705–714 <https://doi.org/10.1080/03235400701390422>
- Gonçalves CI, Amaro F, Figueiredo E, Godinho M C, Mexia A (2005) Productivity and quality aspects concerning the laboratory rearing of *Trichogramma* spp. (Hym.: Trichogrammatidae) and its factitious host, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep.: Pyralidae) *Bol. San. Veg. Plagas*, (31) 21–25 [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_plagas%2FBSVP-31-01-021-025.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_plagas%2FBSVP-31-01-021-025.pdf)
- Hassan SA (1994) Strategies to select *Trichogramma* species for use in biological control. In: Wajnberg E, Hassan SA (eds) *Biological control with egg parasitoids*. Wallingford: CAB International. 55–71
- Jalali SK, Mohanraj P, Lakshmi BL (2016) Trichogrammatids. In: Omkar (ed) *Ecofriendly pest management for food security*. Academic Press. 139–181. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803265-7.00005-1>
- Kordy AM, Zaghoul OA, Mourad AK (2014) Proposed measures of control management of the grape moth, *Lobesia botrana* Den. and Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae), in reference to infestation percentages, yield loss and economics of control in Egypt. *Commun Agric Appl Biol Sci* 79(2):253–64
- Lucchi A, Scaramozzino PL, Michl G, Loni A, Hoffmann C (2016). The first record in Italy of *Trichogramma cordubense* Vargas & Cabello 1985 (Hymenoptera Trichogrammatidae) emerging from the eggs of *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller, 1775) (Lepidoptera Tortricidae). *Vitis* 55(4):161–164. <https://doi.org/10.5073/vitis.2016.55.161-164>
- Moreau A J, Richard B, Benrey B, Thiéry D (2009) Host plant cultivar of the grapevine moth *Lobesia botrana* affects the life history traits of an egg parasitoid. *Biol Control* 50:117–122 <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.03.017>
- Ozsemerci F, Altindisli FO, Koclu T, Karsavuran Y (2016) Egg parasitoids of *Lobesia botrana* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera: Tortricidae) in the vineyards of Izmir and Manisa Provinces in Turkey. *BIO Web Conf* 7:01006 <https://doi.org/10.1051/bioconf/20160701006>
- Önçağ G 819759 [Research on the identification, distribution, biology, damage, natural enemies and chemical warfare possibilities of the cluster moth (*Lobesia botrana* Den.-Schiff.) in the Aegean Region]. T.R. Ministry of Food, Agriculture and Livestock, Agricultural Control and Agriculture. Quarant Gen Dir R Ser Tech Bull 26. 68 p (In Turkish)
- Pinto JD (2006) A review of the new world genera of Trichogrammatidae (Hymenoptera). *J Hymen Res* (15) 38–163
- Polat B, Özpınar A (2007) [*Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* in the control of the cluster moth (*Lobesia botrana* Den.-Schiff.) in the vineyards of Çanakkale province. Possibilities of using *Trichogramma evanescens* Westwood with the Berliner preparation] (In Turkish)
- Querino RB Zucchi RA, Pinto JD (2010) Systematics of the Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) with a focus on the genera attacking Lepidoptera. Egg Parasitoids in Agroecosystems with Emphasis on *Trichogramma*. Springer, London, New York, pp. 191–218. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9110-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9110-0_7)
- Reda AI (2004) Biological control of grape berry moths *Eupoecilia ambiguella* Hb. and *Lobesia botrana* Schiff. (Lepidoptera: Tortricidae) by using egg parasitoids of the genus *Trichogramma*. *PhD Thesis*. Germany. 103 p.
- Scaramozzino PL, Di Giovanni F, Loni A, Ricciardi R, Lucchi A (2018) Updated list of the insect parasitoids (Insecta, Hymenoptera) associated with *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller, 1775) (Lepidoptera, Tortricidae) in Italy. 2. Hymenoptera, Ichneumonidae, Anomaloniinae

- and Campopleginae. *ZooKeys* 772:47–95. <https://doi.org/10.3897/zookeys.772.25288>
- Scaramozzino PL, Loni A, Lucchi A (2017) A review of insect parasitoids associated with *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller, 1775) in Italy. 1. Diptera Tachinidae and Hymenoptera Braconidae (Lepidoptera, Tortricidae). *ZooKeys* 647:67–100. <https://doi.org/10.3897/zookeys.647.11098>
- Smith SM (1996) Biological control with *Trichogramma*: advances, successes and potential of their use. *Annu Rev Entomol* 41:375–406.
- Trandeva L (1993) Effectiveness of egg parasitoids from genus *Trichogramma* against the Grape-vine moths. Proc. Second Nation Conf Entomol.
- Trandeva L (1993) Effectiveness of egg parasitoids from genus *Trichogramma* against the Grape-vine moths, Second Nat. Conf. Entomol.
- Tuncyürek GM (1972) [Research on biological control possibilities against *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) in *Cadra cautella* (Walk) and *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera:Pyralidae)] TR Ministry of Agriculture Tech Bull 20:78
- Uzun S (1989) Investigations on rearing of *Trichogramma embryophagum* Hortig. on the eggs of *Ephestia kuehniella* Zell at variable temperature and photoperiod conditions and its storing period. Intern. Symp. Biol. Contr.
- Uzun S, Kavut H, Göven MA, Kartal S (1996) Biological control release trials of *Trichogramma brassicae* Bezd. (Hym.; Trichogrammatidae) against *Ostrinia nubilalis* Hbn (Lep.; Pyralidae) in corn fields of Aydın. Proc. Türkiye III Entomol. Congr. 320–327
- Van Lenteren JC, Babendreier D, Bigler F, Burgio G, Hokkanen HMT, Kuske S, Loomans AJM, Menzler-Hokkanen I, Vanrijn PCJ, Thomas MB, Tommasini MG (2003). Regulation of import and release of mass-produced natural enemies: A risk-assessment approach. In: van Lenteren JC (ed) Quality Control and Production of Biological Control Agents. Theory and Testing Procedures. Wallingford: CAB International. 191–204. <https://doi.org/10.1079/9780851996882.0191>
- Вестник защиты растений, 2023, 106(4), с. 201–209  
 OECD+WoS: 1.06+1Y (Entomology) <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2023-106-4-16092>

Полнотекстовая статья

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ *TRICHOGRAMMA EUPROCTIDIS* ПРОТИВ ОСНОВНОГО ВРЕДИТЕЛЯ, ГРОЗДЕВОЙ ЛИСТОВЕРТКИ *LOBESIA BOTRANA* (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE), НА ВИНОГРАДНИКАХ ЭГЕЙСКОГО РЕГИОНА, ТУРЦИЯ

B. Güven<sup>1\*</sup>, F. Özsemerci<sup>1</sup>, F.Ö. Altındışli<sup>1</sup>, B. Mihci<sup>1</sup>, N. Keskin<sup>1</sup>, O. Aşcıoğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Дирекция Научно-исследовательского института защиты растений Борнова, Измир, Турция

<sup>2</sup>Ассоциация экспортеров Эгейского моря, Алсанджак, Измир, Турция

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

Европейская гроздевая листовертка *Lobesia botrana* – это наиболее опасный вредитель, вызывающий потери урожая в большинстве регионов выращивания винограда в Турции, питаясь в основном соцветиями и гроздьями винограда. Это исследование было проведено для определения эффективности выпуска и наиболее эффективной дозы местного паразитоида яиц *Trichogramma euproctidis* Girault (Hymenoptera: Trichogrammatidae) против *L. botrana* в органическом винограднике, расположенном в районе Менемен-Измир Эгейского региона, который имеет самую большую площадь производства винограда. Были применены две разные дозы выпуска, 75 000 и 100 000 паразитоидов/га, чтобы выбрать более эффективную. Эффективность паразитоида сравнивали по степени заражения вредителями гроздей винограда с участков, где производился и не производился выпуск, непосредственно перед сбором урожая. Зараженность участков, на которых было выпущено 100 000 паразитоидов/га (12, 4 и 5%) и 75 000 паразитоидов/га (7.5, 11 и 11%), была ниже, чем на контрольных участках (25, 33 и 70%), в 2017, 2018 и 2019 годах, соответственно. В 2018 и 2019 годах наиболее перспективной, показавшей самую низкую зараженность вредителем, оказалась более высокая доза выпуска (100 000 паразитоидов/га) с кратностью применения пять или шесть раз. В этом исследовании впервые в Турции была определена наиболее эффективная доза выпуска (100 000 паразитоидов/га) *T. euproctidis*. Результаты, полученные в этом исследовании, будут способствовать использованию этого паразитоида в программах органической и интегрированной борьбы с вредителями на винограде.

**Ключевые слова:** яйцевой паразитоид, виноград, биологический контроль, вредитель

Поступила в редакцию: 28.09.2023

Принята к печати: 11.12.2023

## SUSCEPTIBILITY OF *BOMBYX MORI* LARVAE TO MICROSPORIDIA *NOSEMA BOMBYCIS* FROM THE SILKWORM AND *NOSEMA* SP. FROM THE COTTON BOLLWORM

S.M. Malysh<sup>1\*</sup>, A.M. Utkuzova<sup>1</sup>, A.N. Ignatieva<sup>1</sup>, B.A. Mirzakhodjaev<sup>2</sup>, I.V. Grushevaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup>Uzbek Research Institute of Sericulture, Tashkent, Uzbekistan

\*corresponding author, e-mail: [s.malysh-vizr@yandex.ru](mailto:s.malysh-vizr@yandex.ru)

Microsporidia are widespread parasites and cause diseases in economically important insects. A microsporidian isolate NspHA22 was discovered in the cotton bollworm *Helicoverpa armigera* in South-Western Russia. It showed 100% sequence identity of small subunit rRNA gene to *Nosema bombycis*, a natural parasite of the silkworm *Bombyx mori*. However, after feeding second or third instar *B. mori* larvae with spores of the new isolate, insect mortality didn't differ from that of the control, and no sporulation was revealed in alive and perished insects. In contrast, feeding *N. bombycis* spores isolated from *B. mori* resulted in high levels of host mortality and intense parasite sporulation at all the infection dose and larval instars used. This likely indicates that the isolate NspHA22 belongs to a species different from *N. bombycis*, in spite of identity of rDNA sequences.

**Keywords:** parasitic protists, host range, virulence, laboratory culture, biological control

Submitted: 05.05.2023

Accepted: 20.11.2023

### Introduction

Microsporidia are parasitic protists that have a common origin with fungi (Bass et al., 2018). Many species of microsporidia are highly pathogenic for arthropods and significantly affect their populations (Becnel and Andreadis, 2014; LeBrun et al., 2022). Microsporidia belonging to several genera are known to regulate population dynamics of their host (Andreadis et al., 1996; Malysh et al., 2013, 2018). Practical interest in studying these parasites is due to their ability to actively multiply and cause a disease (microsporidiosis). There are many examples demonstrating the role of microsporidia in regulation of abundance of mass lepidopteran species (Issi, 1986; Frolov et al., 2008; Kermani et al., 2013; Simoes et al., 2015; Hopper et al., 2016). Particularly, the species of the genus *Nosema* might be devastating for insect populations, like the type species, *Nosema bombycis* Nägeli 1857, a natural parasite

of *Bombyx mori* Linnaeus, 1758 (Bombycoidea: Bombycidae) that has been a threat to silk industry since ancient times (Bhat et al., 2009).

In 2019, a novel isolate was found in a population of cotton bollworms *Helicoverpa armigera* (Hübner 1808). Comparison of SSUrDNA fragments of this isolate with the orthologs of other representatives of the genus *Nosema* suggested identity or very close relationships of the isolated microsporidium to *N. bombycis* (Kononchuk et al., 2021). Due to similarity of the spore structure and low sequence divergence of rRNA genes among *Nosema* spp., differentiation of species within this group poses a serious problem (Kyei-Poku et al., 2008; Issi et al., 2020; Tokarev et al., 2020). The aim of this work is to evaluate the ability of the new isolate to infect the silkworm *Bombyx mori*, a type host of *Nosema bombycis*.

### Materials and methods

Silkworm eggs were obtained from the Stavropol sericulture station (Pyatigorsk) and propagated at the facilities of All-Russian Institute of Plant Protection in St. Petersburg.

Spores of *N. bombycis*, isolate NbBM23, were produced in silkworms at the Scientific Research Institute of Sericulture (Tashkent, Uzbekistan) and propagated in the larvae of the beet webworm *Loxostege sticticalis* in St. Petersburg. The same approach was applied for mass production of the spores of the novel microsporidium, of the genus *Nosema*, named NspHA22, isolated from bollworm larvae collected in the Krasnodar region in 2022.

Total DNA was extracted using a simplified protocol of Sambrook et al. (1989) with modifications (Malysh et al., 2019). For DNA amplification, the primers targeting two loci were used. One locus was the small subunit ribosomal RNA (SSU rRNA) and the primers were 18f:1047r, annealing temperature (Ta)

54 °C, product size 900 bp (Weiss, Vossbrinck, 1999). Another locus was large subunit RNA polymerase (RPB1). Primers for this locus were designed specifically for this study, including the pairs a) nosRPB1for1 (GATCTYGCYTACAGTASAC), nosRPB1rev1 (AGCRGTGAGWGTATCTT), Ta = 52 °C, and b) nosRPB1for2 (GTTCAAGATACWCTCACYGGT), nosRPB1rev2 (AGRGTATCHGAATCDGC), Ta = 56 °C, producing amplicons of 900 and 600 bp, respectively. For PCR analysis we used DreamTaq Green PCR Master Mix (Thermo Fisher Scientific) with the following cycling conditions: initial denaturation at 95 °C for 5 min, 40 cycles of denaturation at 95 °C for 1 min, annealing for 1 min, elongation at 72 °C for 1 min, and final elongation step of 72 °C for 5 min. The amplicons were visualized using electrophoresis in 1% agarose gels with GeneRuler Ladder Mix molecular weight marker, 75–20000 bp (Thermo Fisher Scientific). The purified

amplicons were sequenced at Evrogen (Moscow) by a standard method of chain termination (Sanger, 1977). Sequence reads were processed with BioEdit (Hall, 1999).

Fresh spores of NbBM23 and NspHA22 were used to infect second instar larvae of the silkworm at the dosages of  $10^3$ ,  $10^4$  and  $10^5$  spores per individual using 3 to 5 replicates, 10 larvae per repetition. An aliquot of the spore suspension (100  $\mu$ l) was applied to young mulberry leaves, which were placed on a moistened cotton wool and exposed to the second instar larvae. For the third instar larvae, a suspension with spores (200  $\mu$ l) was applied to a mulberry leaf with its petiole inserted in a 5 ml glass vial filled with water and sealed with parafilm. The experimental variants included dosages of  $10^4$  and  $10^5$  spores/larvae. Each variant has 2 repetitions. Each repetition contained 40 larvae. In control, insects were treated similarly, but without addition of spores.

### Results and Discussion

The microsporidian isolate from the cotton bollworm showed 100% identity to the previously characterized isolate from the same host and location, sampled two years earlier (Kononchuk et al., 2021). When compared to other Genbank-accessible entries, it also showed a high level of sequence correspondence of the diagnostic DNA fragments to those of the known species. In particular, the sequence of SSU rRNA was 100% identical to those of several isolates of *N. bombycis* from GenBank, accession ## FJ772435, AY747307, D85504, and D85503. The isolates of *Nosema rachiplusiae* NRnuBA (# KY126433), *Nosema pyrausta* (# HM566196), *Nosema trichoplusiae* ATCC 30702 (# U09282), *Nosema (Vairimorpha) ceraces* (# EU267796), *Nosema tyriae* (# AJ012606), *Nosema (Vairimorpha) imperfect* (# AJ131645), *Nosema mylitta* Nm15SSU (# MN542655), *Nosema disstriae* (# EU219085), *Nosema antheraeae* (# EU864526), and *Nosema fumiferanae* (# EU219083) showed 99.4–99.7% identity to *N. bombycis* and NspHA22. Less than 97.7% similarity was found when compared to the following isolates: *Nosema granulosis* (# AJ011833), *Nosema (Vairimorpha) austropotamobii* (# MF344634), *Nosema empoascae* (# DQ996238), and *Nosema (Vairimorpha) cheracis* (# AF327408).

Fragments of the largest subunit RNA polymerase gene at two independently amplified loci showed similarity of about

The experiments were carried out at the temperature of + 24°C. Mortality was recorded daily for 60 days. Distilled water was used as a control. Insect corpses were homogenized and examined under the light microscope Carl Zeiss Imager M1 and Lab.A1, equipped with AxioCam video cameras and AxioVision software, in a bright field at magnifications of 400x and 1000x (oil immersion).

Smears showing no spores at all were considered negative while smears showing 1–10, 10–100 and >100 spores per microscope field at 40x magnification were scored as low (“+”), moderate (“++”) and high intensity infection (“+++”), respectively.

Data processing was carried out using the Sigmaplot program (Systat Software, Inc.) using analysis of variance (ANOVA) followed by Fisher’s least significant difference (LSD) test.

97–98% with other species of the genus *Nosema*, including *N. bombycis*, *N. trichoplusiae*, and for one of the loci the similarity was 97.8% (Table 1). Similar levels of identity were found when these taxa were compared between each other.

Within 60 days after infection with NbBM23 spores, high mortality levels of larvae were observed in all variants. In particular, infection with  $10^4$  and  $10^5$  spores/larva resulted in 100% mortality of 3<sup>rd</sup> instars on the 50th day (Fig. 1C). Moreover, death of insects infected with the maximal dosage started from the first week post infection. Similarly, 97–100% mortality was observed on the 60th day in the experiment with 2<sup>nd</sup> instars (Fig. 1B), and starting from the first week after infection, the death rate did not differ significantly between the maximal and average dosages.

As many as 97–99% of larvae fed with NbMB23 spores at the three dosages became heavily infected. Fresh smears from these insects contained numerous spores. In the cases of infections with  $10^4$  and  $10^5$  spores per larvae, the intensity was high (>100 spores per microscope field). Only in the case of the lower dose ( $10^3$  spores/larva) the intensity was occasionally lower (1–10 spores per field).

On the contrary, when infected with NspHA22, most larvae developed successfully (Fig. 1A) and no significant differences were found between the variants of the infection

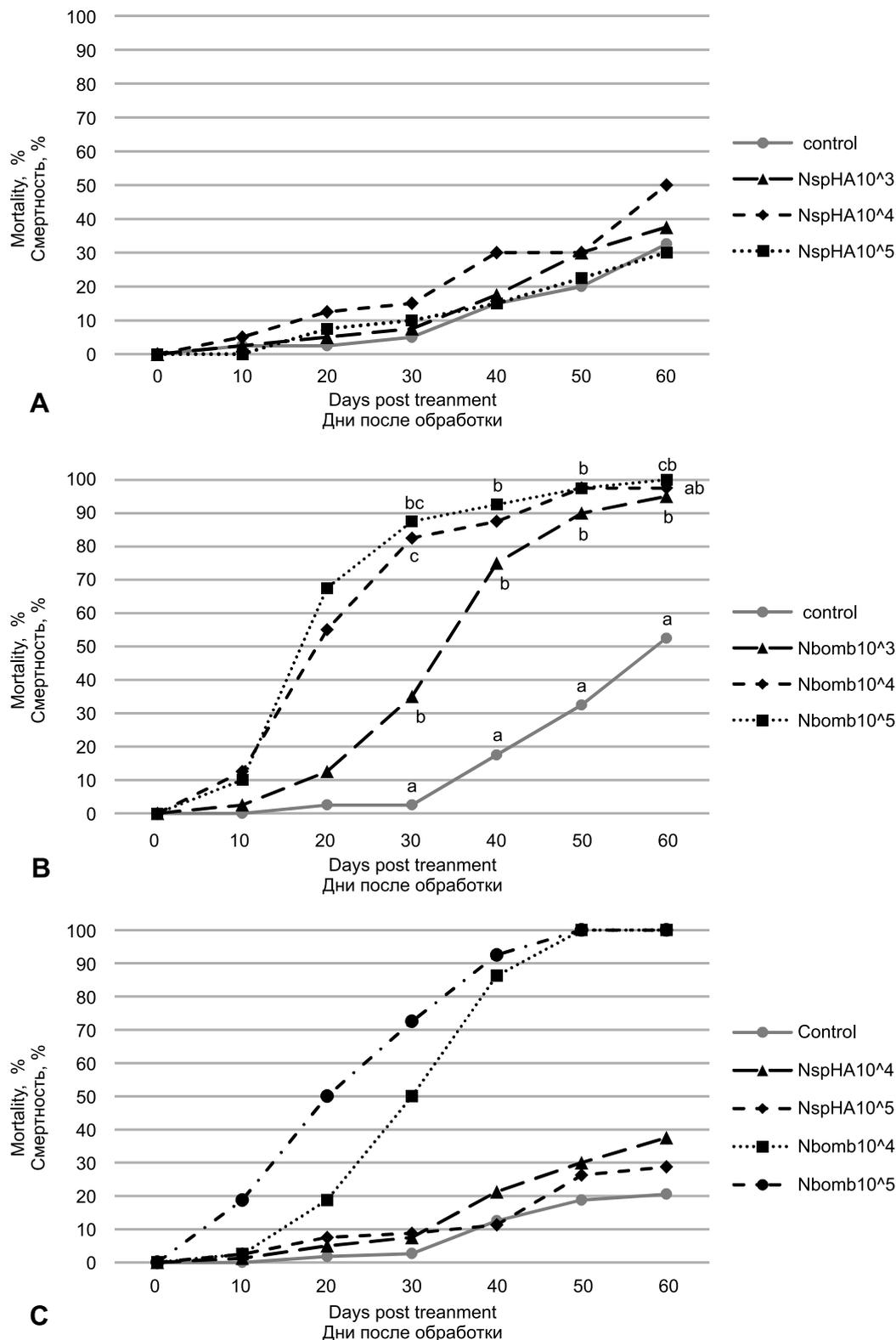
**Table 1.** Results of BLAST analysis for microsporidia isolates of largest subunit RNA polymerase sequences available in Genbank with the microsporidium from *Helicoverpa armigera* identified in the present study

**Таблица 1.** Результаты BLAST-анализа изолятов микроспоридий с последовательностями малой субъединицы РНК-полимеразы, доступных в Genbank, с изолятом микроспоридии *Helicoverpa armigera*, идентифицированными в настоящем исследовании

Species, isolate Вид, изолят	Country Страна	GenBank Accession # Номер доступа в GenBank	Identity levels, % Уровни идентичности, % (fragments sequenced with primers NosRPB1)	
			For1/rev1	For2/rev2
<i>Nosema bombycis</i>	UK	JX213755	96.6	97.76
<i>Nosema bombycis</i>	China	JX213753	96.94	96.26
<i>Nosema bombycis</i>	UK	DQ996231	96.81	96.26
<i>Nosema trichoplusiae</i>	UK	DQ996234	97.06	97.26
<i>Nosema tyriae</i>	UK	AJ278948	95.70	97.51
<i>Nosema disstriae</i>	Canada	HQ457438	93.80	94.24
<i>Nosema antheraeae</i>	China	HQ215550	-	93.44
<i>Nosema fumiferanae</i>	Canada	HQ457435	94.34	91.98
<i>Nosema pyrausta</i>	Russia	MG182018	91.69	-

and the control. Microscopy did not detect spores in larvae of all instars during the whole period of the experiment (Table 2). According to the literature, *B. mori* is susceptible to different species of microsporidia (Kawakami et al., 1994; Kawarabata, 2003). The cotton bollworm isolate, however, was not capable

of infecting the silkworm at any of the dosages tested, unlike *N. bombycis*. This observation contradicts the assumption that NspHA22 belongs to *N. bombycis*, as any isolate of this species is expected to be infective and virulent to the type host.



**Figure 1.** Dynamics of silkworm mortality as a result of feeding II (A, B) or III instar larvae (C) with two isolates of microsporidia from the cotton bollworm NspHA (A, C) and the silkworm NbBM (B, C). Control without treatment with entomopathogens

**Рисунок 1.** Динамика смертности тутового шелкопряда в результате скармливания личинкам II (A, B) или III возраста (C) двух изолятов микроспоридий – из хлопковой совки NspHA22 (A, C) и из тутового шелкопряда NbBM23 (B, C). Контроль без обработки энтомопатогенами

**Table 2.** Data on microscopy of silkworm larvae infected with microsporidia NbBM23 and NspHA22**Таблица 2.** Данные микроскопии тутового шелкопряда, зараженного изолятами микроспорицид NbBM23 и NspHA22

Species, isolate Вид, изолят	Dosage, spores per larva Дозировка, спор на гусеницу	Sample size, pcs Объем выборки, шт.	Infection prevalence level, % Зараженность, %	Infection intensity (from .... to) Интенсивность заражения (от .... до)
Nosema bombycis NbBM23	10 <sup>3</sup>	34	97	+ .... +++
	10 <sup>4</sup>	76	98.7	++ .... +++
	10 <sup>5</sup>	92	99	++ ... +++
Nosema sp. NspHA22	10 <sup>3</sup>	18	0	-
	10 <sup>4</sup>	40	0	-
	10 <sup>5</sup>	20	0	-

Infection intensity is defined as: (-) negative, no infection; (+) low, (++) medium, (+++) high.

As for the studies at the molecular level, unfortunately, sequencing of the SSU rRNA and RPB1 loci did not make it possible to accurately identify the new isolate and differentiate it from the previously described species. As shown by recent studies, there are microsporidian taxa with high levels of SSU rRNA sequence similarity, yet referred to as different species, e.g. *N. bombycis* vs *N. pyrausta* (Tokarev et al., 2015), *Vairimorpha (Nosema) lymantriae* vs *V. disparis* (Tokarev et al., 2020), and *Tubulinosema loxostegi* vs *T. acridophagus* (Malysh et al., 2013). In order to reliably differentiate species

within the *Nosema-Vairimorpha* lineage at the molecular level, it is probably necessary to analyze other more polymorphic loci (protein kinase, DNA helicase, chitinase, zinc finger protein, etc.) or the whole genome sequence data.

Meanwhile, the ability or failure to infect a particular host insect, such as the type host of *N. bombycis*, can be relied upon as a complimentary taxonomic character, given that it is testified using a solid number of bioassays, like in the present study.

### Conclusion

The silkworm as a type host of *N. bombycis* is highly susceptible to this microsporidium and shows high levels of infection from the first week of the experiment. Meanwhile,

the isolate from the cotton bollworm does not show an ability to infect the silkworm larvae. This indirectly indicates that these two isolates belong to different species of microsporidia.

### Acknowledgments

The authors are thankful to Elena G. Evlagina (Stavropol Sericulture Station, Pyatigorsk) for the kind gift of a batch of the silkworm eggs.

The study is supported by the Russian Science Foundation grant No. 22-76-00032, <https://rscf.ru/project/22-76-00032/>

### References

- Andreadis TG, Maier CT, Lemmon CR (1996) *Orthosomella lambdinaen.* sp. (Microsporidia: Unikaryonidae) from the Spring Hemlock Looper, *Lambdina athasaria* (Lepidoptera: Geometridae). *J Invertebr Pathol* 67(2):169–177 <https://doi.org/10.1006/jipa.1996.0025>
- Bass D, Czech L, Williams BA, Berney C, Dunthorn M, Mahé F, Williams TA (2018) Clarifying the relationships between Microsporidia and Cryptomycota. *J Euk Microbiol* 65(6):773–782 <https://doi.org/10.1111/jeu.12519>
- Becnel JJ, Andreadis TG (2014) Microsporidia in Insects. Microsporidia: Pathogens of Opportunity. First Edition. New York: Wiley. 521–570 <https://doi.org/10.1002/9781118395264.ch21>
- Bhat SA, Bashir I, Kamili AS (2009) Microsporidiosis of silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera-Bombycidae): A review. *Afr J Agric Res* 4(13):1519–1523
- Frolov AN, Malysh YM, Tokarev YS (2008) Biological features and population density forecasts of the beet webworm *Loxostege sticticalis* L. (Lepidoptera, Pyraustidae) in the period of low population density of the pest in Krasnodar Territory. *Entomol Rev* 88:666–675
- Hall TA (1999) BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic acids symposium series* 41(41):95–98
- Hopper JV, Huang WF, Solter LF, Mills NJ (2016) Pathogenicity, morphology, and characterization of a *Nosema fumiferanae* isolate (Microsporidia: Nosematidae) from the light brown apple moth, *Epiphyas postvittana* (Lepidoptera: Tortricidae) in California. *J Invertebr Pathol* 134:38–47 <https://doi.org/10.1016/j.jip.2016.01.001>
- Issi IV (2020) [Development of microsporidiology in Russia] *Vestnik zashchity rasteniy* 103(3):161–176 (In Russian) <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-3-4972>
- Issi IV (1986) [Microsporidia as a phylum of parasitic protozoa] In: Microsporidia. Ser. Protozoologiya. Leningrad: Nauka 10:6–135 (In Russian)
- Kawakami Y, Inoue T, Ito K, Kitamizu K, Hanawa C, Sunairi M, Ishihara R (1994) Comparison of chromosomal DNA from four microsporidia pathogenic to the silkworm, *Bombyx mori*. *Appl Entomol and Zool* 29(1):120–123 <https://doi.org/10.1303/aez.29.120>
- Kawarabata T (2003) Biology of microsporidians infecting the silkworm, *Bombyx mori* in Japan. *J Insect Biotechnol Sericol* 72(1):1–32 <https://doi.org/10.11416/jibs.72.1>
- Kermani N, Abu-Hassan ZA, Dieng H, Ismail NF, Attia M, Abd Ghani I (2013) Pathogenicity of *Nosema* sp. (Microsporidia) in the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *PLoS One* 9(1): e62884 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062884>
- Kononchuk AG, Martemyanov VV, Ignatieva AN, Belousova IA, Inoue MN, Tokarev YS (2021) Susceptibility of the gypsy moth *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Erebidae) to

- Nosema pyrausta* (Microsporidia: Nosematidae). *Insects* 12(5): 447 <https://doi.org/10.3390/insects12050447>
- Kyei-Poku G, Gauthier D, van Frankenhuyzen K (2008) Molecular data and phylogeny of *Nosema* infecting lepidopteran forest defoliators in the genera *Choristoneura* and *Malacosoma*. *J Euk Microbiol* 55(1):51–58 <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2007.00302.x>
- LeBrun EG, Jones M, Plowes RM, Gilbert LE (2022) Pathogen-mediated natural and manipulated population collapse in an invasive social insect. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 119(14):e2114558119 <https://doi.org/10.1073/pnas.2114558119>
- Malysh JM, Ignatieva AN, Artokhin KS, Frolov AN, Tokarev YS (2018) Natural infection of the beet webworm *Loxostege sticticalis* L. (Lepidoptera: Crambidae) with three Microsporidia and host switching in *Nosema ceranae*. *Parasitol Res* 117(9):3039–3044 <https://doi.org/10.1007/s00436-018-5987-3>
- Malysh J, Kononchuk A, Frolov A (2019) Detection of microsporidia infecting beet webworm *Loxostege sticticalis* (Pyraloidea: Crambidae) in European part of Russia in 2006–2008. *Plant Protection News* 2:45–51 [https://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-2\(100\)-45-51](https://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-2(100)-45-51)
- Malysh JM, Tokarev YS, Sitnicova NV (2013) *Tubulosema loxostegi* sp. n. (Microsporidia: Tubulosematidae) from the beet webworm *Loxostege sticticalis* L. (Lepidoptera: Crambidae) in Western Siberia. *Acta Protozool* 52(4): 299–308 <https://doi.org/10.4467/16890027AP.13.027.1319>
- Sambrook J, Fritsch EF, Maniatis T (1989) Molecular cloning: a laboratory manual. Cold Spring Harbor, NY, Cold Spring Harbor Laboratory 11, 31 p.
- Sanger F (1977) Determination of nucleotide sequences in DNA. *Science* 214(4526): 1205–1210.
- Simoes RA, Feliciano JR, Solter LF, Delalibera I Jr (2015) Impacts of *Nosema* sp. (Microsporidia: Nosematidae) on the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). *J Invertebr Pathol* 129:7–12 <https://doi.org/10.1016/j.jip.2015.05.006>
- Tokarev YS, Huang WF, Solter LF, Malysh JM, Becnel JJ, Vossbrinck CR (2020) A formal redefinition of the genera *Nosema* and *Vairimorpha* (Microsporidia: Nosematidae) and reassignment of species based on molecular phylogenetics *J Invertebr Pathol* 169:107279 <https://doi.org/10.1016/j.jip.2019.107279>
- Tokarev YS, Malysh JM, Kononchuk AG, Seliverstova EV, Frolov AN, Issi IV (2015) Redefinition of *Nosema pyrausta* (*Perezia pyraustae* Paillot 1927) basing upon ultrastructural and molecular phylogenetic studies. *Parasitol Res* 114:759–761 <https://doi.org/10.1007/s00436-014-4272-3>
- Weiss LM, Vossbrinck CR (1999) Molecular biology, molecular phylogeny, and molecular diagnostic approaches to the Microsporidia. The microsporidia and microsporidiosis. Washington: ASM Press 129–171 <https://doi.org/10.1128/9781555818227.ch4>

Вестник защиты растений, 2023, 106(4), с. 210–214

OECD+WoS: 1.06+IY (Entomology)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2023-106-4-16148>

**Краткое сообщение**

## ВОСПРИИМЧИВОСТЬ ГУСЕНИЦ *BOMBYX MORI* К МИКРОСПОРИДИЯМ *NOSEMA BOMBYCIS* ИЗ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА И *NOSEMA* SP. ИЗ ХЛОПКОВОЙ СОВКИ

С.М. Малыш<sup>1\*</sup>, А.М. Уткузова<sup>1</sup>, А.Н. Игнатъева<sup>1</sup>, Б.А. Мирзаходжаев<sup>2</sup>, И.В. Грушевая<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Узбекский научно-исследовательский институт шелководства, Ташкент, Узбекистан

\* ответственный за переписку, e-mail: s.malysh-vizr@yandex.ru

Микроспоридии относятся к широко распространенным паразитам и вызывают заболевания экономически важных насекомых. Изолят микроспоридии NspHA22 обнаружен у хлопковой совки *Helicoverpa armigera* на Юго-Западе России. Он показал 100%-ную идентичность последовательности гена малой субъединицы рРНК с *Nosema bombycis*, естественным паразитом тутового шелкопряда *Bombyx mori*. Однако после скармливания гусеницам второго и третьего возраста *B. mori* спор нового изолята смертность насекомых не отличалась от контроля, образования спор не выявлено. Напротив, заражение спорами *N. bombycis* из тутового шелкопряда вызывало высокую смертность хозяина и интенсивное спорообразование паразита при всех использованных дозах заражения и возрастах гусениц. Это, вероятно, указывает на то, что изолят NspHA22 принадлежит к другому виду, отличному от *N. bombycis*, несмотря на идентичность последовательностей рДНК.

**Ключевые слова:** паразитические протисты, круг хозяев, вирулентность, лабораторная культура, биологическая борьба

Поступила в редакцию: 05.05.2023

Принята к печати: 20.11.2023

**К ЮБИЛЕЮ АКАДЕМИКА РАН О.С. АФАНАСЕНКО**  
**TO THE JUBILEE OF ACADEMICIAN O.S. AFANASENKO**



Ведущему микологу-фитопатологу, заведующей лабораторией иммунитета растений к болезням Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений (ВИЗР), доктору биологических наук, профессору, академику РАН Ольге Сильвестровне Афанасенко 13 декабря 2023 исполнилось 75 лет.

Ольга Сильвестровна родилась в г. Ленинграде, закончила школу в г. Пушкине и поступила в Ленинградский сельскохозяйственный институт на факультет защиты растений. В 1971 году окончила Ленинградский СХИ, а в 1975 г. поступила в аспирантуру Всесоюзного (ныне Всероссийского) института защиты растений (ВИЗР), закончила Ленинградский сельскохозяйственный институт (ныне Санкт-Петербургский аграрный университет). Под руководством проф. М.М.Левитина в 1978 г. защитила кандидатскую диссертацию на тему «Изучение структуры популяций возбудителя сетчатой пятнистости ячменя по признаку вирулентности в связи с селекцией устойчивых сортов». После окончания аспирантуры О.С. Афанасенко начала работу в лаборатории иммунитета растений к болезням ВИЗР в должности младшего, а затем старшего научного сотрудника. В 1996 г. успешно защитила докторскую диссертацию на тему «Закономерности изменчивости популяций возбудителей гельминтоспориозных пятнистостей ячменя и генетический контроль устойчивости к *Pyrenophora teres Drechs.*». С 1996 г. является руководителем лаборатории иммунитета растений к болезням ВИЗР. В 2007 г. ей было присвоено звание профессора, в 2010 г. была избрана членом-корреспондентом Россельхозакадемии (ныне РАН) и в 2016 г. — академиком РАН.

О.С. Афанасенко проводит глубокие экспериментальные исследования механизмов изменчивости популяций

фитопатогенных грибов, расообразовательных процессов, межорганизменной генетики в патосистемах злаковые — гембиотрофные патогены. Совместно с немецкими и финскими коллегами ею создан международный набор сортов-дифференциаторов ячменя для анализа популяций возбудителя сетчатой пятнистости. Впервые доказан характер взаимоотношений в патосистеме *Pyrenophora teres f. teres* – *Hordeum vulgare* по типу «ген-на-ген». На основании изучения географических популяций гембиотрофных патогенов ячменя, О.С. Афанасенко разработана стратегия рационального использования генетических ресурсов устойчивости в селекции ячменя.

Отличительной чертой научной деятельности О.С. Афанасенко является руководство и выполнение многопрофильных исследований на стыке различных научных направлений за счет объединения компетенций фитопатологов, микологов, молекулярных генетиков, биотехнологов, специалистов по генетическим ресурсам растений, селекционеров.

В кооперации с коллегами из ВИРа, а также из профильных учреждений Беларуси, Германии, Финляндии, Австралии проводятся исследования по идентификации генов устойчивости зерновых культур и картофеля к наиболее вредоносным патогенам. Длительное и обширное сотрудничество Ольги Сильвестровны с зарубежными профильными учреждениями позволяет использовать

новые технологии в изучении генетического разнообразия устойчивости растений к болезням в лаборатории иммунитета растений к болезням ВИЗР, которой она руководит 27 лет.

В лаборатории иммунитета растений к болезням получила свое развитие работа по выявлению эффективных генов устойчивости против угандийской расы стеблевой ржавчины в направлении молекулярного скрининга коллекций пшеницы, инициатором исследований являлась Ольга Сильвестровна. Работа проводилась совместно с проф. Б.Стеффенсоном в Миннесотском университете США.

Совместно с коллегами из ИЦиГ и Японии в рамках проекта РНФ проведена работа по изучению эпидемиологии опасного карантинного заболевания вириода веретеновидности клубней картофеля, механизмов взаимоотношений в патосистеме и оценки толерантности сортов.

Цикл работ по идентификации путем ассоциативного картированию генов устойчивости пшеницы к возбудителям бурой ржавчины и желтой пятнистости выполнен и опубликован совместно с коллегами из Австралии.

Неоценим вклад Ольги Сильвестровны в изучение генетического разнообразия устойчивости ячменя к гембиотрофным патогенам. Ею впервые была показана распецифичность малых генов, контролирующих устойчивость ячменя к возбудителю сетчатой пятнистости. Путем ассоциативного картирования (GWAS) в обширной коллекции генетических ресурсов ячменя ВИР и в созданных дигаплоидных популяциях выявлено генетическое разнообразие устойчивости ячменя к возбудителям гельминтоспориозных пятнистостей. Идентифицированы гены качественной и количественной устойчивости ячменя к возбудителям сетчатой и темно-бурой пятнистостей на всех хромосомах ячменя, в том числе и новые для науки, и определены их молекулярные маркеры. Созданная коллекция генетически охарактеризованных доноров устойчивости ячменя и молекулярных маркеров генов устойчивости является необходимой составляющей селекции ячменя на устойчивость к вредоносным болезням. С использованием новых доноров созданы перспективные

устойчивые к гельминтоспориозным пятнистостям линии ячменя в Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию.

О.С. Афанасенко опубликовано около 300 печатных работ как в российских, так и зарубежных журналах: «Микология и фитопатология», «Генетика», «Экологическая генетика», «Вавиловский журнал генетики и селекции», «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции» и др., а также в высокорейтинговых зарубежных журналах, таких как «Journal of Phytopathology», «Plant Breeding», «Plant Science», «Plant Disease», «European Journal of Plant Pathology», «Genome», «Plant Pathology», «Theoretical and Applied Genetics», «Genetic Resources and Crop Evolutions», «BMC Plant Biology», «Frontiers in Plant Science», «Agronomy», «Agriculture» и др. Ольга Сильвестровна — соавтор ряда книг и методических рекомендаций для фитопатологов и селекционеров.

О.С. Афанасенко является членом оргкомитета международной конференции по пятнистостям ячменя и куратором проблемы от России, членом совета Международной научной ассоциации по защите растений. О.С. Афанасенко много лет возглавляла Государственную аттестационную комиссию СПГАУ, являлась членом экспертного совета ВАК. В настоящее время является членом ученого и докторского советов ВИЗР, заместителем главного редактора журнала «Микология и фитопатология», членом редколлегии журналов «Вестник защиты растений», «Вавиловский журнал генетики и селекции», «Microbiology Independent Research journal», «Труды по прикладной ботанике и селекции», «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки».

Ольга Сильвестровна обладает замечательным характером, трудолюбием, ей присуща большая скромность, доброжелательность и, конечно, любовь к науке. Необыкновенные свойства ее души сказались на отношении к ней окружающих. Она пользуется большим уважением и авторитетом среди отечественных ученых и зарубежных коллег. Мы сердечно поздравляем Ольгу Сильвестровну с юбилеем и желаем ей крепкого здоровья и творческого долголетия!

*Коллектив ВИЗР, редколлегия журнала “Вестник защиты растений”*

---

Научное издание

**Индекс ПМ790**

Подписано к печати 18 декабря 2023 г.

Формат 60x84/8. Объем 6 п.л. Тираж 200 экз.



## Индекс ПМ790