



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

В Е С Т Н И К ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

2020 ТОМ **103** ВЫПУСК **4**
VOLUME ISSUE



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

2020 TOM 103 ВЫПУСК 4
 VOLUME ISSUE

Санкт-Петербург
St. Petersburg, Russia
2020

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

Корректор англоязычных текстов: А.А. Намятова

Технический секретарь: С.Г. Удалов

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:**

03.02.05. – Энтомология (биологические науки),

03.02.12. – Микология (биологические науки),

06.01.01. – Общее земледелие. Растениеводство (сельскохозяйственные и биологические науки),

06.01.04. – Агрехимия (сельскохозяйственные и биологические науки),

06.01.05. – Селекция и семеноводство (сельскохозяйственные и биологические науки),

06.01.06. – Луговоеводство и лекарственные эфирно-масличные культуры (сельскохозяйственные и биологические науки),

06.01.07. – Защита растений (сельскохозяйственные и биологические науки),

06.01.08. – Плодоводство, виноградарство (сельскохозяйственные и биологические науки),

06.01.09. – Овощеводство (сельскохозяйственные и биологические науки)

Индексируется в РИНЦ и CrossRef

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Алехин А., профессор, США

Афанасенко О.С., дбн, академик РАН, ВИЗР

Белоусов И.А., кбн, ВИЗР

Белякова Н.А., кбн, ВИЗР

Власенко А.Н., дсxn, академик РАН,

СибНИИЗиХ СФНЦА РАН

Власов Д.Ю., дбн, СПбГУ

Ганнибал Ф.Б., кбн, ВИЗР

Гончаров Н.Р., ксxn, ВИЗР

Гричанов И.Я., дбн, ВИЗР

Дзянь Синьфу, профессор, КНР

Долженко В.И., дсxn, академик РАН, ВИЗР

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

Захаренко В.А., дсxn, академик РАН, МНИИСХ

Игнатов А.Н., дбн, РУДН

Косман Е., профессор, Израиль

Каракотов С.Д., дхн, академик РАН,

ЗАО «Щелково Агрехим»

Лаврищев А.В., дсxn, СПбГАУ

Лаптиев А.Б., дбн, ООО «ИЦЗР»

Левитин М.М., дбн, академик РАН, ВИЗР

Лулева Н.Н., кбн, ВИЗР

Лысов А.К., ктн, ВИЗР

Надыкта В.Д., дтн, академик РАН, ВНИИБЗР

Намятова А.А., кбн, ВИЗР

Новикова И.И., дбн, ВИЗР

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

Радченко Е.Е., дбн, ВИР

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

Санин С.С., дбн, академик РАН, ВНИИФ

Сидельников Н.И., дсxn, член-корреспондент РАН,

ВИЛАР

Синев С.Ю., дбн, ЗИН

Сорока С.В., ксxn, Белоруссия

Сухорученко Г.И., дсxn, 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

Эсневиг Т., PhD, Норвегия

Ответственные редакторы выпуска:

Афанасенко О.С., Белякова Н.А., Лаптиев А.Б., Намятова А.А., Токарев Ю.С., Фролов А.Н.

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

Email: vestnik@vizr.spb.ru

<http://plantprotect.ru>

© Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ВИЗР)

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

Полнотекстовые статьи / Full-text articles**Особенности действия и ретроспективный анализ эффективности фунгицидов для защиты пшеницы мягкой озимой от болезней листового аппарата****Н.А. Крупенко, И.Н. Одинцова**

Peculiarities of action and retrospective analysis of fungicides efficacy for protection of soft winter wheat against leaf diseases

N.A. Krupenko, I.N. Odintsova 224

Влияние хитина на биологическую активность штаммов *Bacillus subtilis***И.Л. Краснобаева, Н.М. Коваленко, Э.В. Попова**The effect of chitin on the biological activity of *Bacillus subtilis* strains

I.L. Krasnobaeva, N.M. Kovalenko, E.V. Popova 233

Особенности внутри- и межвидовых взаимодействий оранжерейной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* и обыкновенного паутинного клеща *Tetranychus urticae* на огурце**О.С. Кириллова, В.А. Раздобурдин**Features of conspecific and heterospecific interactions of greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and spider mite *Tetranychus urticae* on cucumber

O.S. Kirillova, V.A. Razdoburdin. 241

Биологические особенности *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) в Крыму**Ю.В. Плуатарь, А.К. Шармагий, Е.Б. Балыкина**Biological characteristics of *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) in Crimea

Yu.V. Plugatar, A.K. Sharmagiy, E.B. Balykina 247

Сезонная динамика активности проволочников и повреждаемости ими клубней различных сортов картофеля на Северо-Западе России в условиях дефицита влаги**С.Р. Фасулати, О.В. Иванова**

The seasonal dynamics of wireworm activity and damage of the different potato varieties in the Northwest of Russia under condition of water deficiency

S.R. Fasulati, O.V. Ivanova 255

Краткие сообщения / Short Communications**Устойчивость образцов ячменя из Эфиопии к карликовой ржавчине****Р.А. Абдуллаев, Б.А. Баташева, Е.Е. Радченко**

Leaf rust resistance in barley accessions from Ethiopia

R.A. Abdullaev, B.A. Batasheva, E.E. Radchenko 262

Влияние энтомопатогенных грибов *Akanthomyces* и *Lecanicillium* на поведенческие реакции и жизнеспособность оранжерейной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum***Г.В. Митина, Е.А. Степанычева, А.А. Чоглокова**The effect of the different species of the entomopathogenic fungi from genera *Akanthomyces* and *Lecanicillium* on the behavioral responses and the viability of the *Trialeurodes vaporariorum*

G.V. Mitina, E.A. Stepanycheva, A.A. Chogloкова 265

Leds and semiochemicals vs. sex pheromones: tests of the European corn borer attractivity in the Krasnodar Territory**A.N. Frolov, I.V. Grushevaya, A.G. Kononchuk**

Светодиоды, семиохемики или половые феромоны: испытания на аттрактивность для кукурузного мотылька в Краснодарском крае

A.N. Frolov, I.V. Grushevaya, A.G. Kononchuk 269

Laboratory assessment of the suitability of predatory bugs *Orius laevigatus* and *Orius majusculus* as natural enemies of seed potato pests in greenhouses**И.М. Пазюк, Н.В. Бинитская**Лабораторная оценка пригодности хищных клопов *Orius laevigatus* и *Orius majusculus* в качестве энтомофагов для использования на семенном картофеле в теплицах

I.M. Pazyuk, N.V. Binitskaya 274

О прошедших мероприятиях (Past Conferences) 277**«Вестник защиты растений» в 2019-2020 гг. (Plant Protection News: Journal in 2019-2020) 277****Научометрические базы данных (Scientometric Databases) 278****Объявление о ретракции рукописи (Announcement on article retraction) 284****Содержание журнала «Вестник защиты растений» за 2020 год (том 103, выпуски 1–4)**

Plant Protection News, Contents of 2020 (volume 103, issues 1–4) 285

ОСОБЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ И РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНГИЦИДОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ ОТ БОЛЕЗНЕЙ ЛИСТОВОГО АППАРАТА

Н.А. Крупенько*, И.Н. Одинцова

Институт защиты растений, аг. Прилуки, Минский р-н, Беларусь

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

В статье представлены данные эффективности 40 фунгицидов для защиты пшеницы мягкой озимой от болезней листового аппарата за период 2010–2019 гг. Расчет биологической эффективности проведен на основании площади под кривой развития болезни. Проанализирована биологическая и хозяйственная эффективность препаратов в зависимости от количества компонентов, а также химических классов действующих веществ, входящих в их состав. Наиболее высокая биологическая эффективность у однокомпонентных фунгицидов в защите от мучнистой росы отмечена при наличии в составе проквиназида, тебуконазола и метрафенона – 69.9–79.3%. Из 23 двухкомпонентных фунгицидов более высокая эффективность (82.1–84.3%) в защите от мучнистой росы отмечена у препаратов, содержащих азоловый компонент в сочетании с морфолином. Биологическая эффективность в отношении септориоза листьев в зависимости от состава препаратов варьировала в среднем от 64.7 до 88.0%. Среди трехкомпонентных фунгицидов эффективность защиты от мучнистой росы составляла 59.5–82.8%, септориоза – 59.8–89.9%. За счет снижения развития болезней сохраненный урожай в вариантах с применением фунгицидов достигал 9.9 ц/га зерна.

Ключевые слова: септориоз, мучнистая роса, биологическая эффективность, действующее вещество, химический класс, механизм действия

Поступила в редакцию: 30.07.2020

Принята к печати: 16.11.2020

Введение

Пшеница мягкая озимая является одной из наиболее широко возделываемых зерновых культур в Беларуси, посевные площади которой составляют около 25% в структуре зернового клина. Насыщение севооборотов озимой пшеницей наряду с нарушением агротехники ее выращивания, возделыванием поражаемых сортов приводит к существенному ухудшению фитопатологической ситуации. Например, недостаточно глубокая заделка растительных остатков обуславливает сохранение жизнеспособности пикноспор возбудителя септориоза листьев (*Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvl. & Crous.) (Жук, Буга, 2012). Это может способствовать более раннему поражению культуры или же усилить интенсивность проявления болезни.

Ежегодный мониторинг фитопатологической ситуации в посевах озимой пшеницы, проводимый сотрудниками лаборатории фитопатологии, свидетельствует о поражаемости культуры комплексом болезней. При этом на листовом аппарате преобладают септориоз и мучнистая роса (возбудитель *Blumeria graminis* (DC.) Speer) (Крупенько и др., 2017; Склименок, 2015; Жуковский и др., 2019).

Недобор урожая пшеницы вследствие поражения болезнями в среднем может составлять 15–20% (Figueroa et al., 2017). В отдельные годы потери могут быть существенно выше. Например, вредоносность септориоза на листовом аппарате озимой пшеницы составляет около 30% (АНДВ, 2012). По нашим данным, развитие болезни в посевах культуры обуславливает снижение массы 1000 зерен до 12.3% (Склименок, 2015).

Как известно, листовый аппарат играет ключевую роль в формировании урожайности зерновых культур: так, флаговый и подфлаговый листья обуславливают 43 и 23% соответственно (Poole, Amaudin, 2014). Поэтому основная задача для получения планируемой урожайности

заключается в недопущении интенсивного развития болезней. В современных условиях сельскохозяйственного производства с этой целью наиболее широко используется химический метод (Lopez et al., 2015; O'Driscoll et al., 2014; Wiik, Rosenqvist, 2010), эффективность которого в значительной степени зависит от правильного выбора фунгицида и сроков его применения.

Поэтому при выборе препарата для защиты озимой пшеницы от болезней необходимо учитывать видовой состав возбудителей болезней, которые присутствуют в посевах, а также фактическую фитопатологическую ситуацию в конкретном вегетационном сезоне, поскольку гидротермические условия оказывают существенное влияние на развитие болезней. Кроме того, развитие болезней может отличаться, иногда довольно существенно, даже в условиях одного хозяйства в зависимости от ряда факторов (сорт культуры, предшественник, почва и способ ее обработки и др.), поэтому перед применением фунгицидов важно проводить мониторинг фитопатологического состояния каждого конкретного поля.

Немаловажное значение при выборе тактики защиты культуры имеет также уровень планируемой урожайности. Так, при высоких значениях необходимо учитывать, что повышенные дозы удобрений, как правило, способствуют поражаемости культуры болезнями (например, мучнистой росой). В этом случае для поддержания оптимального фитопатологического состояния посевов необходимо планировать увеличение кратности (количества) обработок.

Одним из важных аспектов при выборе фунгицида является его биологическая эффективность в отношении целевых объектов, которая определяется действующими веществами, входящими в состав препарата.

В настоящее время для защиты озимой пшеницы от болезней наиболее широко применяются следующие классы действующих веществ: стробилурины (в англоязычной литературе – quinone outside inhibitors – QoIs или QoI-фунгициды), азолы (demethylation inhibitors – DMIs или DMI-фунгициды), карбоксамиды (succinate dehydrogenase inhibitors – SDHIs или SDHI-фунгициды) (Heick et al., 2007).

Помимо эффективного торможения развития болезней, немаловажное значение имеет стоимость фунгицида, поскольку затраты на его применение должны быть оправданными с экономической точки зрения (Буга, 2013; Буга и др., 2015; Стамо, Кузнецова, 2012).

В связи с вышесказанным, целью исследований являлся анализ биологической и хозяйственной эффективности фунгицидов, зарегистрированных в Беларуси для защиты озимой пшеницы от болезней листового аппарата.

Материалы и методы

Работа выполнена в лаборатории фитопатологии и на опытном поле РУП «Институт защиты растений» в 2010–2019 гг. (аг. Прилуки, Минский район). В исследования были включены 40 фунгицидов для защиты озимой

пшеницы от болезней, из них 7 однокомпонентных, 23 – двухкомпонентных, 10 – трехкомпонентных. Торговые названия препаратов, их состав и годы включения в исследование представлены в таблице 1.

Таблица 1. Фунгициды, включенные в исследования
Table 1. Fungicides included in the study

Фунгицид (норма расхода, л/га)	Действующие вещества, их количество в препарате, г/л	Годы включения в эксперименты
однокомпонентные		
Зим 500, КС (0.6)	карбендазим, 500	2018, 2019
Колосаль, КЭ (1.0)	тебуконазол, 250	2010, 2011, 2017, 2019
Кредо, СК (0.6)	карбендазим, 500	2017, 2018
Понезим, КС (0.6)	карбендазим, 500	2012–2014
Талиус, КЭ (0.25)	проквиназид, 200	2012, 2013, 2015, 2016
Феразим, КС (0.6)	карбендазим, 500	2017, 2018
Флексити, КС (0.3)	метрафенон, 300	2012, 2013, 2016
двухкомпонентные		
Абакус Ультра, СЭ (1.5)	эпоксиконазол, 62.5 + пиракlostробин, 62.5	2013, 2014, 2016, 2019
Адексар, КЭ (1.0)	эпоксиконазол, 62.5 + флуksапироксад, 62.5	2011, 2012, 2014, 2016, 2019
Азорро, КС (1.0)	карбендазим, 300 + азоксистробин, 100	2018, 2019
Аканто Плюс, КС (0.6)	пикоксистробин, 200 + ципроконазол, 80	2010, 2012, 2013, 2019
Амистар Экстра, СК (0.75)	азоксистробин, 200 + ципроконазол, 80	2010–2016, 2019
Баклер, КМЭ (1.0)	тебуконазол, 200 + метконазол, 50	2015, 2016
Балий, КМЭ (0.8)	пропиконазол, 180 + азоксистробин, 120	2018, 2019
Бриск, КЭ (0.35)	дифеноконазол, 250 + пропиконазол, 250	2015, 2016
Зантара, КЭ (1.0)	биксафен, 50 + тебуконазол, 166	2010, 2012–2016
Карбеназол, КС (1.0)	карбендазим, 300 + ципроконазол, 66	2018, 2019
Кустодия, КС (1.0)	азоксистробин, 120 + тебуконазол, 200	2015, 2016
Магнелло, КЭ (1.0)	дифеноконазол, 100 + тебуконазол, 250	2015, 2016
Менара, КЭ (0.5)	ципроконазол, 160 + пропиконазол, 250	2013–2015, 2019
Осирис, КЭ (1.5)	эпоксиконазол, 37.5 + метконазол, 27.5	2010, 2015, 2016
Прозаро, КЭ (0.8)	протиоконазол, 125 + тебуконазол, 125	2013–2016, 2019
Ракурс, СК (0.4)	ципроконазол, 160 + эпоксиконазол, 240	2012, 2013
Рекс Дуо, КС (0.6)	эпоксиконазол, 187 + тиофанат-метил, 310	2010–2015
Рекс Плюс, СЭ (1.25)	эпоксиконазол, 84 + фенпропиморф, 250	2016, 2019
Спирит, СК (0.7)	азоксистробин, 240 + эпоксиконазол, 160	2012, 2013, 2019
Страйк Форте, КС (0.9)	тебуконазол, 225 + флутриафол, 75	2014, 2015
Тилт Турбо, КЭ (1.0)	фенпропидин, 450 + пропиконазол, 125	2012, 2013, 2015, 2016, 2019
Титул Дуо, ККР (0.32)	пропиконазол, 200 + тебуконазол, 200	2018, 2019
Флинт, ВСК (0.8)	эпоксиконазол, 120 + ципроконазол, 80	2013, 2014
трехкомпонентные		
Амистар Трио, КЭ (1.0)	азоксистробин, 100 + ципроконазол, 30 + пропиконазол, 125	2010, 2017, 2018, 2019
Замир Топ, КЭ (1.0)	фенпропидин, 150 + прохлораз, 200 + тебуконазол, 100	2010, 2014–2016
Капало, СЭ (1.0)	эпоксиконазол, 62.5 + фенпропиморф, 200 + метрафенон, 75	2010, 2012, 2013
Капелла, МЭ (1.0)	пропиконазол, 120 + флутриафол, 60 + дифеноконазол, 30	2014, 2015
Протазокс, КС (1.0)	азоксистробин, 200 + протиоконазол, 125 + дифеноконазол, 60	2017, 2018
Приаксор Макс, КЭ (0.5)	пираклостробин, 200 + пропиконазол, 125 + флуksапироксад, 30	2017, 2019
Скайвэй Хрго, КЭ (1.25)	биксафен, 75 + протиоконазол, 100 + тебуконазол, 100	2016, 2019
Солигор, КЭ (0.8)	протиоконазол, 53 + тебуконазол, 148 + спироksамин, 224	2010, 2011, 2016
Фалькон, КЭ (0.6)	тебуконазол, 167 + триадименол, 43 + спироksамин, 250	2010–2013
Элатус Риа, КЭ (0.6)	ципроконазол, 66.67 + пропиконазол, 208.33 + бензовиндифлупир, 83.33	2015, 2016, 2019

Сев озимой пшеницы проводился в оптимальные сроки, норма высева – 4.5 млн семян на гектар, способ сева – узкорядный, ширина междурядий – 15 см. Почвы опытного участка дерново-подзолистые, рН = 6.5, содержание гумуса в среднем составляет 2.26%. Агротехника в опытах – общепринятая для возделывания озимой пшеницы в центральной агроклиматической зоне. Опыты закладывали в 4-кратной повторности, размер опытных делянок – 10 м². Исследования по изучению биологической эффективности проводили в соответствии с «Методическими указаниями ...» (Здрожевская и др., 2007). Фунгициды применяли однократно при развитии одной или комплекса болезней, не превышающем биологический порог вредности (для озимой пшеницы в Беларуси в зависимости от сорта составляет 2.5–3.7%) (Склименок, 2015).

В 2010 г. исследования проводили на сорте Капылянка, в 2011–2018 гг. – Сюита, в 2019 г. – Элегия.

Учет развития мучнистой росы и септориоза в контрольных (без обработки) и опытных (с обработкой) вариантах проводили в динамике: первый учет через 7–10 дней после обработки, последующие учеты осуществляли с указанным интервалом в соответствии с «Методическими указаниями ...» (Здрожевская и др., 2007). Всего для каждого варианта проводили 4 учета за вегетационный сезон.

Учитывая большое количество фунгицидов, а также лет исследования, для оценки эффективности изучаемых препаратов в целом за вегетационный сезон нами был использован широко применяемый в настоящее время во всем мире показатель, позволяющий суммарно оценить как интенсивность развития болезни, так и продолжительность ее действия на растения, — площадь под кривой развития болезни (ПКРБ). Для этого проводили расчеты ПКРБ на основании учетов развития каждой болезни по формуле (1) (Бабаянц, 1988):

$$\text{ПКРБ} = \frac{\sum_{y=2}^m d_j (Y_j + Y_{j-1})}{2} \quad (1),$$

где m – количество учетов (в нашем случае – 4),

d_j – разница в днях между двумя последовательными учетами,

Y_j – степень поражения при первом и каждом последующем учете,

Y_{j-1} – степень поражения при втором и каждом последующем учете.

ПКРБ рассчитывали для каждого препарата в годы исследований в целом за вегетационный сезон, аналогично вычисляли ПКРБ в контрольных вариантах (без обработки).

Биологическую эффективность (БЭ) защитных мероприятий, выраженную в процентах, рассчитывали по формуле (2) на основании ПКРБ (Здрожевская и др., 2007):

$$\text{БЭ} = \frac{M_k - M_o}{M_k} \times 100 \quad (2),$$

где M_k – показатель ПКРБ болезни в контроле (защитные мероприятия не проводились),

M_o – показатель ПКРБ болезни в опыте (с защитными мероприятиями).

В статье для каждого препарата представлены усредненные значения биологической эффективности, рассчитанные в годы включения фунгицида в исследования, а также минимальные и максимальные значения показателя за этот период.

Хозяйственную эффективность рассчитывали на основе величины сохраненного урожая, полученной за счет проведения защитных мероприятий в сравнении с контролем. В таблицах представлены усредненные для каждого фунгицида значения сохраненного урожая, а также увеличения массы 1000 зерен.

Результаты

На рисунке представлена интенсивность проявления болезней листьев в посевах озимой пшеницы в контрольных вариантах (без обработки) на момент последнего учета. Развитие септориоза листьев в период исследований

достигало эпифитотийного уровня – 53.4% в 2010 г. Развитие мучнистой росы также варьировало в зависимости от года: от 2.5 (2010 г.) до 21.7% (2013 г.).

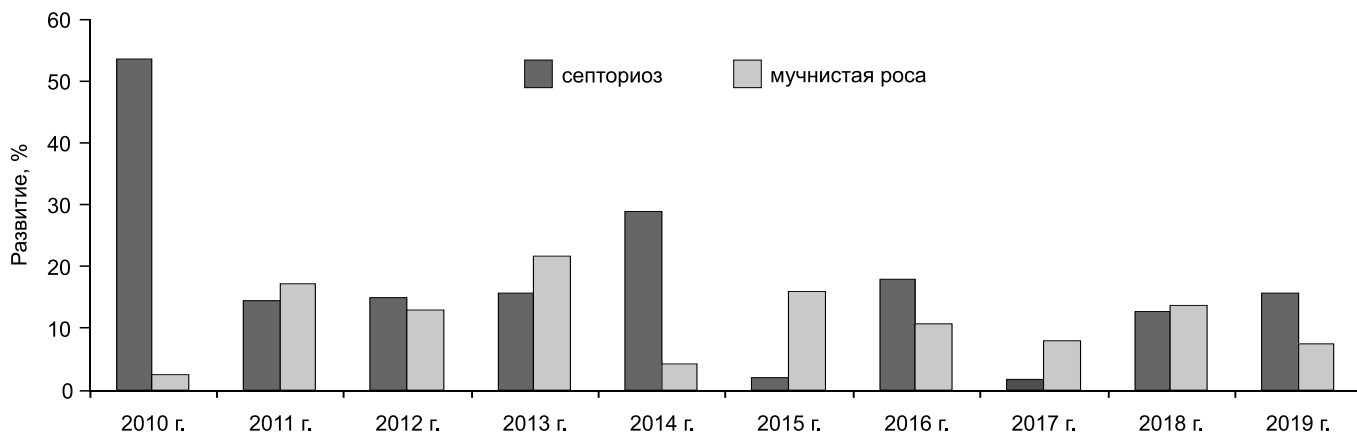


Рисунок. Развитие болезней листового аппарата в посевах озимой пшеницы

Figure. Septoria leaf blotch severity on winter wheat

Представленные данные дают основание считать фон развития болезней достаточно интенсивным, что особенно важно при изучении эффективности фунгицидов в защите от болезней, поскольку это позволяет оценить не только степень, но и продолжительность их защитного действия.

Основные химические классы действующих веществ (в соответствии с классификацией Fungicide Resistance Action Committee – FRAC) (FRAC Code List, 2019), входящих в состав изучаемых препаратов, и их характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2. Классификация и механизм действия действующих веществ фунгицидов, включенных в исследования (FRAC Code List, 2019)

Table 2. Classification and mode of action of fungicides active ingredients included in the study (FRAC Code List, 2019)

Класс	Химическая группа	Действующее вещество	Мишень действия	
Метилбензимидазолкарбаматы (МБК)	бензимидазолы	карбендазим	цитоскелет	
Цианоакрилаты	тиофанаты	тиофанат-метил		
Карбоксамиды (SDHI — ингибиторы сукцинатдегидрогеназы)	бензофеноны	метрафенон	дыхание	
Стробилурины (QoI — ингибиторы переноса хинона на внешнюю мембрану митохондрий)	пиразол-4-карбоксамиды	бензовиндифлулпир		
		флуксапироксад		
		биксафен		
Азолы (DMI — ингибиторы деметилирования)	метокси-акрилаты	азоксистробин	дыхание	
	метоксикарбаматы	пикоксистробин		
	триазолы	имидазолы	пираклостробин	
		триазолинтионы	прохлораз	биосинтез стерола в мембранах
			ципроконазол	
			тебуконазол	
			дифеноконазол	
			эпоксиконазол	
			метконазол	
			пропиконазол	
триадименол				
флутриафол				
Амины (морфолины)	триазолинтионы	протиоконазол	передача клеточного сигнала	
	морфолины	фенпропиморф		
	пиперидины	фенпропидин		
Азанафталины	спирокетал-амины	спироксамин	передача клеточного сигнала	
	квиназолиноны	проквиназид		

Проанализированные однокомпонентные фунгициды были разделены нами на 4 группы в зависимости от класса действующих веществ, входящих в состав препаратов. Данные таблицы 3 свидетельствуют о том, что наиболее высокие значения биологической эффективности в защите

озимой пшеницы от мучнистой росы отмечены при применении фунгицидов Талиус, КЭ; Флексити, КС и Колосаль, КЭ – 79.3; 69.9 и 70.1 % соответственно. Применение однокомпонентных фунгицидов обуславливало сохранение от 2.6 до 5.9 ц/га зерна, или от 3.7 до 9.7%.

Таблица 3. Эффективность однокомпонентных фунгицидов в защите озимой пшеницы от болезней листьев
Table 3. Efficacy of one-component fungicides against leaf diseases of winter wheat

Фунгицид	Биологическая эффективность, %				Увеличение массы 1000 зерен,		Сохраненный урожай,	
	по мучнистой росе		по септориозу		г	%	ц/га	%
среднее	диапазон	среднее	диапазон	азол				
Колосаль, КЭ	70.1±3.8	65.0–74.3	64.3±9.9	53.9–77.2	1.4±0.5	3.2±1.6	5.9±1.6	9.7±3.0
метилбензимидазолкарбамат								
Зим 500, КС	55.4±2.5	53.6–57.1	–	–	1.1±0.1	2.4±0.6	2.6±0.4	3.7±0.3
Кредо, СК	42.0±5.2	38.3–45.6	–	–	0.8±0.1	1.5±0.1	3.0±0.4	4.1±0.4
Понезим, КС	36.0±20.1	12.9–49.2	35.0±16.4	16.4–47.4	1.0±0.3	2.5±1.2	2.8±1.2	5.2±0.9
Феразим, КС	38.9±6.9	34.0–43.8	–	–	0.7±0.1	1.3±0.1	2.8±0.4	3.9±0.6
В среднем	42.3±13.1	34.7–48.9	35.0±16.4	16.4–47.4	0.9±0.2	1.9±0.8	2.8±0.7	4.3±0.8
цианоакрилат								
Флексити, КС	69.9±4.2	66.1–74.4	–	–	1.1±0.6	2.6±0.6	3.1±0.2	6.0±0.9
азанафталин								
Талиус, КЭ	79.3±11.6	63.8–90.8	–	–	1.5±0.3	3.4±0.8	5.0±2.5	7.7±2.2

Примечание – представлены средние значения ± стандартное отклонение; «–» – не определялась.

Двухкомпонентные фунгициды, включенные в исследования, были разделены на 6 групп в зависимости от химических классов действующих веществ, входящих в их состав. Установлено, что защитное действие препаратов, содержащих азоловый компонент в сочетании с морфолином, в защите от мучнистой росы выше по сравнению с таковым у остальных групп фунгицидов (таблица 4). Показатель биологической эффективности в отношении возбудителя септориоза листьев в зависимости от группы

препаратов варьировал в среднем от 64.7 (Карбеназол, КС) до 88.0% (Абакус Ультра, СЭ). Высокое защитное действие фунгицидов обусловлено составом препаратов. Как правило, они содержат как минимум один компонент из класса азолов. Более высокие значения сохраненного урожая отмечены у тех, которые содержат азоловый компонент в сочетании со стробилурином (7.1 ц/га) или карбоксамидом (7.9 ц/га).

Таблица 4. Эффективность двухкомпонентных фунгицидов в защите озимой пшеницы от болезней листьев
Table 4. Efficacy of two-component fungicides against leaf diseases of winter wheat

Фунгицид	Биологическая эффективность, %				Увеличение массы 1000 зерен,		Сохраненный урожай,	
	по мучнистой росе		по септориозу		г	%	ц/га	%
	среднее	диапазон	среднее	диапазон				
азол + стробилурин								
Абакус Ультра, СЭ	77.6±6.6	68.8–84.7	88.0±8.6	76.0–96.2	3.8±1.5	7.8±2.5	7.8±2.9	12.7±5.9
Аканто Плюс, КС	68.7±4.4	62.9–72.3	71.9±6.5	63.8–78.9	3.1±1.2	8.1±4.0	7.7±2.5	16.8±6.6
Амистар Экстра, СК	69.4±10.2	52.8–86.2	79.5±12.4	64.6–93.6	2.2±0.7	5.0±1.6	8.6±3.8	13.8±7.5
Балий, КМЭ	65.4±10.2	65.2–65.6	70.8±0.6	70.4–71.2	2.2±0.8	4.7±0.7	5.9±1.4	8.8±1.3
Кустодия, КС	69.4±11.0	61.6–77.2	65.6±4.0	62.8–68.4	2.8±0.7	5.8±1.5	5.1±0.9	5.8±1.1
Спирит, СК	78.1±9.6	69.6–88.5	75.6±10.4	65.3–86.0	3.0±1.2	7.5±3.1	7.9±3.3	14.7±7.2
В среднем	71.5±8.6	63.5–79.1	77.2±10.9	67.2–82.4	2.8±1.1	6.5±2.6	7.6±2.9	13.1±6.5
азолы								
Баклер, КМЭ	78.1±0.3	77.9–78.3	78.7±3.7	76.1–81.3	2.1±0.6	4.1±1.3	6.2±1.1	6.9±1.3
Бриск, КЭ	64.9±4.3	61.8–67.9	73.3±9.7	66.4–80.1	2.1±0.1	4.2±0.2	5.8±1.6	6.7±1.8
Магнелло, КЭ	64.1±4.3	61.0–67.1	76.3±1.2	75.4–77.1	2.7±0.2	5.3±0.4	6.3±1.7	7.1±2.1
Менара, КЭ	68.6±6.3	52.7–77.2	75.2±5.4	68.5–81.5	1.7±0.4	2.8±0.5	5.5±3.0	8.7±4.7
Осирис, КЭ	64.8±8.7	57.6–74.5	70.2±7.9	61.1–75.1	2.5±0.8	5.4±2.2	8.1±3.1	12.4±9.2
Прозаро, КЭ	65.2±9.2	52.3–76.4	74.7±10.7	63.1–92.2	2.2±0.7	5.0±1.8	6.9±3.2	10.3±5.8
Ракурс, СК	71.4±1.1	70.6–72.1	65.1±14.5	54.8–75.3	3.4±0.6	8.3±3.3	9.3±3.0	17.9±6.2
Страйк Форте, КС	50.6±4.5	47.7–53.8	75.5±15.6	64.5–86.5	2.0±1.3	4.1±2.5	3.9±0.2	6.3±2.5
Титул Дуо, ККР	65.8±0.6	65.3–66.2	68.2±5.0	64.7–71.7	1.9±0.5	4.1±0.2	5.3±1.0	7.9±0.7
Флинт, ВСК	57.4±5.3	53.6–61.1	82.8±4.0	79.9–85.6	3.1±0.6	6.2±1.4	8.8±0.7	14.9±4.6
В среднем	65.3±8.3	60.1–69.5	74.0±8.4	67.5–80.6	2.3±0.7	4.8±1.9	6.6±2.5	10.4±5.6
азол + морфолин								
Тилт Турбо, КЭ	82.1±7.0	71.3–90.3	71.1±13.0	58.2–91.2	2.3±1.1	5.7±3.6	5.8±1.7	9.9±2.9
Рекс Плюс, СЭ	84.3±4.8	80.9–87.7	73.6±23.2	55.2–90.0	1.5±0.1	3.4±0.6	4.6±0.1	6.4±1.3
В среднем	82.7±6.1	76.1–89.0	71.8±14.3	56.7–90.6	2.1±1.0	5.0±3.2	5.5±1.5	8.9±3.0
азол + карбоксамид								
Адексар, КЭ	67.4±15.6	50.3–82.9	73.5±13.4	57.1–87.6	2.9±1.6	6.7±4.2	7.8±4.3	12.2±7.6
Зантара, КЭ	63.0±6.8	51.7–70.7	76.7±15.2	53.9–93.9	3.4±1.4	6.3±3.1	7.9±4.0	13.5±6.5
В среднем	65.2±11.2	51.0–76.8	75.3±13.8	55.5–90.8	2.8±1.4	6.5±3.5	7.9±3.9	12.9±6.7
азол + метилбензимидазолкарбамат								
Карбеназол, КС	69.4±13.2	60.0–78.7	64.7±17.8	52.1–77.3	2.1±0.6	5.0±2.3	4.0±1.3	6.1±2.5
Рекс Дуо, КС	65.6±6.3	55.9–72.2	67.7±14.7	51.5–86.4	2.2±1.6	5.1±3.3	5.6±4.3	10.0±6.8
В среднем	66.5±7.5	58.0–75.5	67.0±14.2	51.8–81.9	2.2±1.4	5.0±2.9	5.5±4.0	9.1±6.1
стробилурин + метилбензимидазолкарбамат								
Азорро, КС	66.4±13.8	56.6–76.1	68.0±11.4	59.9–76.0	2.1±0.6	5.0±2.3	4.0±1.4	6.2±2.8

Примечание – представлены средние значения ± стандартное отклонение.

Среди проанализированных трехкомпонентных препаратов эффективность в защите от мучнистой росы в среднем варьировала в зависимости от состава фунгицидов: от 59.5 (3 действующих вещества из класса азолов) до 82.8% (2 азола + карбоксамид) (таблица 5). В отношении

септориоза листьев в среднем по группам эффективность была высокой и варьировала от 59.8 (Замир Топ, КЭ) до 89.9% (Протазокс, КС). Сохраненный урожай варьировал в зависимости от фунгицида от 4.9 ц/га (Фалькон, КЭ) до 9.9 ц/га (Капелла, МЭ).

Обсуждение

Развитие болезней на листовом аппарате за период исследований варьировало в зависимости от вегетационного сезона. Наиболее благоприятные условия для развития септориоза листьев сложились в 2010 и 2014 гг., что обусловило степень поражения от умеренного до эпифитотийного уровня. Известно, что степень поражения болезнью зависит от погодных условий, в частности, температуры и количества осадков (Chungu et al., 2001; Greiner et al., 2019; Lovell et al., 2004). При этом в нашей республике наиболее существенное влияние на появление септориоза в посевах культуры в весенний период и дальнейшее его нарастание в течение вегетационного сезона оказывают осадки (Крупенько, 2018).

Наиболее обширными и широко используемыми в Беларуси классами действующих веществ для защиты озимой пшеницы от болезней являются азолы, стробилурины и карбоксамиды. Основными мишенями действия проанализированных действующих веществ являются дыхание, биосинтез стерола (проницаемость мембран), сборка цитоскелета, а также передача клеточного сигнала.

Физико-химические свойства различных классов действующих веществ обуславливают их активность на различных этапах патогенного процесса. В зависимости от этого фунгициды можно разделить на следующие группы:

1) фунгициды защитного (превентивного) действия, которые эффективны в отношении инфекции в начале патологического процесса;

Таблица 5. Эффективность трехкомпонентных фунгицидов в защите озимой пшеницы от болезней листьев
Table 5. Efficacy of three-component fungicides against leaf diseases of winter wheat

Фунгицид	Биологическая эффективность, %				Увеличение массы 1000 зерен,		Сохраненный урожай,	
	по мучнистой росе		по септориозу		г	%	ц/га	%
	среднее	диапазон	среднее	диапазон				
азолы + стробилуриин								
Амистар Трио, КЭ	72.0±9.1	60.3–80.2	76.6±7.1	67.3–84.3	2.5±0.9	5.4±2.2	7.3±2.9	11.8±6.5
Протазокс, КС	75.0±7.9	69.4–80.5	89.9±2.5	88.1–91.7	3.2±1.4	5.4±2.2	7.6±2.1	10.5±3.0
В среднем	73.0±8.0	64.9–80.4	81.0±8.9	77.7–88.0	2.7±1.0	5.4±1.8	7.4 ±2.4	11.4±5.3
азолы								
Капелла, МЭ	59.5±13.0	50.3–68.7	83.8±5.9	79.6–87.9	2.9±1.1	5.9±2.2	9.9±9.1	13.4±13.4
азолы + морфолин								
Замир Топ, КЭ	75.0±13.5	55.4–86.1	59.8±9.7	51.3–73.6	2.5±1.4	5.4±3.4	9.8±3.2	14.1±6.0
Солигор, КЭ	73.5±4.5	68.4–76.8	67.9±9.6	59.8–78.5	2.2±0.8	5.9±2.8	7.1±2.4	13.6±3.5
Фалькон, КЭ	65.2±2.2	63.3–67.8	60.5±9.1	51.8–73.3	1.4±0.5	3.5±1.2	4.9±2.1	9.6±3.8
В среднем	71.0±9.0	62.4–76.9	62.2±9.2	54.3–75.1	2.0±1.0	4.8±2.6	7.3±3.2	12.3±4.7
азол + морфолин + цианоакрилат								
Капало, СЭ	69.8±10.5	65.3–81.8	62.2±9.2	51.6–86.0	2.9±1.0	7.0±3.3	9.4±2.2	19.2±1.3
азолы + карбоксамид								
Элатус Риа, КЭ	77.1±15.1	60.6–90.2	89.8±8.2	80.4–95.0	1.8±0.1	3.9±0.6	5.3±3.0	6.7±3.5
Скайвэй Хрго, КЭ	82.8±1.9	81.4–84.1	87.7±1.6	86.6–88.8	2.2±0.4	4.8±0.1	6.0±1.6	7.9±0.4
В среднем	79.3±11.2	71.0–87.2	89.0±5.9	83.5–91.9	1.9±0.3	4.3±0.7	5.6±2.3	7.1±2.5
азол + карбоксамид + стробилуриин								
Приаксор Макс, КЭ	76.0±8.3	70.1–81.8	86.4±5.4	82.5–90.2	2.5±0.8	5.5±0.8	5.4±0.8	7.3±0.2

Примечание – представлены средние значения ± стандартное отклонение.

2) фунгициды лечебного (куративного) действия, которые являются эффективными в защите от гриба, растущего в ткани листа после прорастания споры;

3) препараты искореняющего действия: они способны останавливать споруляцию патогена (Balba, 2007).

Стробилурины обладают защитным действием. Данный класс фунгицидов является высокоэффективным в подавлении прорастания спор и раннего проникновения в клетки растения-хозяина (Balba, 2007). Стробилурины не обладают лечебным действием. Это обусловлено тем, что после обработки растений такие фунгициды аккумулируются в восковом слое кутикулы листа, поэтому они не предотвращают рост мицелия гриба в тканях листа, если заражение уже произошло (Mueller et al., 2013).

Карбоксамиды характеризуются высокой защитной и искореняющей активностью (Тютерев, 2010). Как и у стробилуринов, эффективность данного химического класса наиболее высока при профилактическом применении (Mueller et al., 2013).

Морфолины обладают профилактическим, лечебным и искореняющим действием. Данный химический класс эффективен даже при низких положительных температурах и устойчив к осадкам (Тютерев, 2010).

Азолы способны к быстрому передвижению по ксилеме к верхним листьям, но не поступают в молодые листья, которые появляются после обработки (Тютерев, 2010). Поскольку основной механизм действия данного класса – нарушение проницаемости мембран при формировании клеток за счет ингибирования синтеза стерола, он наиболее эффективен для предотвращения роста мицелия гриба внутри листа. Таким образом, азолы – преимущественно лечебные фунгициды (Mueller et al., 2013).

Метилбензимидазолкарбаматы – это системные препараты защитного и лечебного действия (Тютерев, 2010).

Они ингибируют рост мицелия, развитие ростковых трубок и аппрессориев у грибов.

Проквиназид из класса азнафталины обладает профилактическим и искореняющим действием. Данное действующее вещество специфично влияет на мучнистую росу и предотвращает заражение растений даже в очень низких концентрациях, защищая их в течение продолжительного времени после обработки (Gilbert et al., 2009). Проквиназид не обладает лечебным действием в отношении возбудителя болезни.

Действующее вещество метрафенон (класс цианоакрилаты) также проявляет специфичную активность в отношении возбудителя мучнистой росы. Оно нарушает все стадии роста и развития гриба-возбудителя болезни, за исключением прорастания спор. Кроме того, метрафенон обладает лечебным действием, поскольку ингибирует рост мицелия даже в случае, если заражение произошло (Opalski et al., 2006).

Среди однокомпонентных фунгицидов наиболее высокие значения биологической эффективности в защите озимой пшеницы от мучнистой росы отмечены при применении фунгицидов Талиус, КЭ; Флексити, КС и Колосаль, КЭ, в состав которых входят соответственно проквиназид, метрафенон и тебуконазол. Высокая биологическая эффективность первых двух действующих веществ обусловлена их специфическим действием в отношении возбудителя болезни (Gilbert et al., 2009; Opalski et al., 2006), тогда как тебуконазола – его быстрым проникновением в растение и лечебной активностью (Тютерев, 2010).

Более высокая эффективность в защите от мучнистой росы из двухкомпонентных фунгицидов была отмечена у препаратов, содержащих азол с морфолином. Это обусловлено тем, что фенпропидин и фенпропиморф, являющиеся одними из действующих веществ фунгицидов Тилт Турбо,

КЭ и Рекс Плюс, СЭ соответственно, обладают специфической активностью в отношении болезни. При этом при профилактическом применении отмечается наиболее высокая эффективность: полностью подавляется прорастание конидий, в меньшей степени – развитие аппрессориев и образование вторичных гиф (Андреева, Зинченко, 2002). Более эффективными в защите от септориоза листьев были препараты, содержащие хотя бы один азоловый компонент. Известно, что данный класс является в настоящее время одним из наиболее эффективных и широко применяемых для защиты озимой пшеницы от септориоза листьев (Cools, 2008).

Анализ биологической эффективности трехкомпонентных фунгицидов в зависимости от их состава свидетельствует о достаточно высоких значениях показателя во всех группах препаратов в защите от мучнистой росы и септориоза.

У однокомпонентных фунгицидов величина сохраненного урожая была максимальной в вариантах с высокой эффективностью по мучнистой росе, у двухкомпонентных – при сочетании азота со стробилурином либо карбоксамидом. Известно, что действующие вещества из класса стробилуринов обладают так называемым «озеленяющим эффектом», который проявляется в продлении вегетации культуры (Balba, 2007; Bertelsen et al., 2001; Bartlett et al.,

2002]. В результате отмечается повышение показателей хозяйственной эффективности, наиболее информативным из которых является масса 1000 зерен. Действующие вещества из класса карбоксамидов помимо фунгицидного действия также оказывают положительное влияние на формирование урожая за счет предотвращения старения растений (Berdugo et al., 2012). Среди трехкомпонентных фунгицидов максимальные значения сохраненного урожая (9.4–9.9 ц/га) отмечались в различных группах. Следует отметить, что колебания сохраненного урожая в исследовании обусловлены в том числе различным уровнем формировавшейся каждый год урожайности, а также интенсивностью поражения листового аппарата болезнями.

Таким образом, выбор фунгицида для защиты озимой пшеницы от болезней листового аппарата следует проводить на основании оценки фитопатологической ситуации в посевах. В случае преобладания мучнистой росы целесообразно выбирать фунгициды с действующими веществами, обладающими специфической активностью в отношении болезни. Для защиты от септориоза листового аппарата наиболее эффективны азолсодержащие препараты. С биологической точки зрения наличие в составе препарата 2-х или 3-х действующих веществ более оправдано, поскольку обеспечивает разнонаправленное действие на возбудителя болезни.

Заключение

Таким образом, основными болезнями листового аппарата озимой пшеницы являлись септориоз и мучнистая роса, развитие которых за период 2010–2019 гг. достигало 53.4 и 21.7% соответственно. Эффективность фунгицидов в защите от болезней обусловлена особенностями химических классов действующих веществ в составе препаратов. Среди однокомпонентных фунгицидов наиболее высокие значения биологической эффективности в защите озимой пшеницы от мучнистой росы отмечены при наличии в составе проквиназида, тебуконазола и метрафенона

– 69.9–79.3%. Из 23 двухкомпонентных фунгицидов более высокая эффективность (82.1–84.3%) в защите от мучнистой росы отмечена у препаратов, содержащих азоловый компонент в сочетании с морфолином. Показатель биологической эффективности в отношении септориоза листьев в зависимости от состава препаратов варьировал в среднем от 64.7 до 88.0%. Среди трехкомпонентных фунгицидов эффективность защиты от мучнистой росы составляла 59.5–82.8%, септориоза – 59.8–89.9%. Применение фунгицидов позволяет сохранить до 9.9 ц/га зерна.

Библиографический список (References)

- Андреева ЕИ, Зинченко ВА (2002) Системные фунгициды – ингибиторы биосинтеза эргостерина. 2. Тебуконазол, ципроконазол, диниконазол, пенконазол, дифеноконазол, фенаримол, трифорин, прохлораз, имазалил, фенпропиморф, фенпропидин. *Агро XXI* 4:14–15
- Бабаянц ЛТ, Мештерхази А, Вехтер Ф (1988) Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах СЭВ. Прага. 321 с.
- Буга СФ (2013) Теоретические и практические основы химической защиты зерновых культур от болезней в Беларуси. Несвиж: «Несвижская укрупненная типография им. С. Будного». 240 с.
- Буга СФ, Жуковский АГ, Склименок НА (2015) Эффективность фунгицидов в защите озимой пшеницы от септориоза в Беларуси. *Защита и карантин растений* 7:16–18
- Жук ЕИ, Буга СФ (2012) Роль почвы в сохранении грибов *Stagonospora nodorum* (Berk.) Castell. et Germano и *Septoria tritici* Roberge ex Desm. – возбудителей септориоза яровой пшеницы в условиях Республики Беларусь. Материалы 7-й Международной научно-практической конференции-выставки «Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем». 7:404–406
- Жуковский АГ, Бойко СВ, Трепашко ЛИ, Крупенько НА и др (2019) Современное фитосанитарное состояние агроценозов пшеницы озимой в Республике Беларусь. *Земледелие и защита растений* 3(124):16–26
- Здрожевская СД, Павлова ВВ, Буга СФ, Котикова ГШ и др (2007) Болезни зерновых культур. В кн.: Буга СФ (ред) Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. Несвиж: «Несвижская укрупненная типография им. С. Будного». 61–101
- Крупенько НА (2018) Влияние гидротермических условий на развитие септориоза листьев озимой пшеницы. *Защита растений: сборник научных трудов* 42:109–115
- Крупенько НА, Жук ЕИ, Буга СФ, Жуковский АГ (2017) Септориозы зерновых культур и их вредоносность. *Известия НАН Беларуси. Серия аграрных наук* (4):66–75
- Склименок НА (2015) Комплекс грибов, паразитирующих на озимой пшенице, и меры по ограничению их вредоносности. *Дисс. ... к.б.н.* Прилуки. 23 с.
- Стамо ПД, Кузнецова ОВ (2012) Применение фунгицидов должно быть рациональным. *Защита и карантин растений* 2:5–8

- Тютюрев СЛ (2010) Механизмы действия фунгицидов на фитопатогенные грибы. СПб.: ИПК «Нива». 172 с.
- AHDB (2012) Septoria Tritici in Winter Wheat Topic Sheet. 2017. <https://www.ahdb.org.uk/septoriatritici> (9.11.2020).
- Balba H (2007) Review of strobilurin fungicide chemicals. *J Environ Sci Health, Part B*. 42(4):441–451. <https://doi.org/10.1080/03601230701316465>
- Bartlett DW, Clough JM, Godwin JR, Hall AA, Hamer M, Parr-Dobrzanski B (2002) Review: the strobilurin fungicides. *Pest Manag Sci* 58(7): 649–662. <https://doi.org/10.1002/ps.520>
- Berdugo CA, Steiner U, Dehne H-W, Oerke E-C (2012) Effect of bixafen on senescence and yield formation of wheat. *Pest Biochem Physiol* 104(3):171–177. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2012.07.010>
- Bertelsen JR, de Neergaard E, Smedegaard-Petersen V (2001) Fungicidal effects of azoxystrobin and epoxiconazole on phyllosphere fungi, senescence and yield of winter wheat. *Plant Pathol* 50(2):190–205. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2001.00545.x>
- Chungu C, Gilbert J, Townley-Smith F (2001) Septoria tritici blotch development as affected by temperature, duration of leaf wetness, inoculum concentration, and host. *Plant Pathol* 85(4):430–435. <https://doi.org/10.1094/pdis.2001.85.4.430>
- Cools HJ (2008) Are azole fungicides losing ground against Septoria wheat disease? Resistance mechanisms in *Mycosphaerella graminicola*. *Pest Manag Sci* 64(7):681–684. <https://doi.org/10.1002/ps.1568>
- Figuroa M, Hammond-Kosack KE, Solomon PS (2017) A review of wheat diseases—a field perspective. *Mol Plant Pathol* 19(6):1523–1536. <https://doi.org/10.1111/mpp.12618>
- FRAC Code List 2019: Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action (including FRAC Code numbering). [https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2019.pdf?sfvrsn=98ff4b9a_2\(02.04.2020\)](https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2019.pdf?sfvrsn=98ff4b9a_2(02.04.2020))
- Gilbert SR, Cools HJ, Fraaije BA, Bailey AM, Lucas JA (2009) Impact of proquinazid on appressorial development of the barley powdery mildew fungus *Blumeria graminis* f.sp hordei. *Pest Biochem Physiol* 94(2–3):127–132. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2009.04.011>
- Greiner SD, Racca P, Jung J, von Tiedemann A (2019) Determining and modeling the effective period of fungicides against Septoria leaf blotch in winter wheat. *Crop Prot* 117:45–51. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.11.004>
- Heick TM, Justesen AF, Jørgensen LN (2017) Anti-resistance strategies for fungicides against wheat pathogen *Zymoseptoria tritici* with focus on DMI fungicides. *Crop Prot* 99:108–117. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.05.009>
- Lopez JA, Rojas K, Swart J (2015) The economics of foliar fungicide application in winter wheat in Northeast Texas. *Crop Prot* 67:35–42. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.09.007>
- Lovell DJ, Hunter T, Powers SJ, Parker SR, Van den Bosch F (2004) Effect of temperature on latent period of septoria leaf blotch on winter wheat under outdoor conditions. *Plant Pathol* 53: 170–181. <https://doi.org/10.1111/j.0032-0862.2004.00983.x>
- Mueller D, Wise K, Dufault N, Bradley C, Chilvers M (2013) Fungicides for Field Crops. APS Press, St Paul, MN. 112 p.
- O’Driscoll A, Kildea S, Doohan F, Spink J, Mullins E (2014) The wheat-Septoria conflict: a new front opening up? *Trends Plant Sci* 19(9):602–610. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2014.04.011>
- Opalski KS, Tresch S, Kogel K-H, Grossmann K, Köhle H, Hüchelhoven R (2006) Metrafenone: studies on the mode of action of a novel cereal powdery mildew fungicide. *Pest Manag Sci* 62(5):393–401. <https://doi.org/10.1002/ps.1176>
- Poole NF, Arnaudin ME (2014) The role of fungicides for effective disease management in cereal crops. *Can J Plant Pathol* 36(1): 1–11. <https://doi.org/10.1080/07060661.2013.870230>
- Wiik L, Rosenqvist H (2010) The economics of fungicide use in winter wheat in southern Sweden. *Crop Prot* 29:11–19. <https://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2009.09.008>

Translation of Russian References

- Andreeva EI, Zinchenko VA (2002) [Systemic fungicides – inhibitors of biosynthesis of ergosterin. 2. Tebuconazole, cyproconazole, diniconazole, penconazole, difenoconazole, fenarimol, triforine, prochloraz, imazalil, fenpropimorph, fenpropidin]. *Агро XXI* 4:14–15 (In Russian)
- Babayants LT, Meshterkhazi A, Vekhter F (1988) [Methods of selection and estimation of resistance of wheat and barley to diseases in the CMEA member countries]. Prague. 321 p. (In Russian)
- Buga SF (2013) [Theoretical and practical basis of chemical protection of cereals against diseases in Belarus. Nesvizh: «Nesvizh consolidated printing house S. Budny». 240 p (In Russian)
- Buga SF, Zhukovskiy AG, Sklimenok NA (2015) [Efficacy of fungicides for protection of winter wheat against Septoria Leaf blotch in Belarus]. *Zaschita i karantin rasteniy* 7:16–18 (In Russian)
- Zhuk EI, Buga SF (2012) [The role of soil in the preservation of fungi *Stagonospora nodorum* (Berk.) Castell. et Germano and *Septoria tritici* Roberge ex Desm. – causal agents of Septoria leaf blotch of spring wheat in the conditions of the Republic of Belarus]. *Materialy 7th Mezhdunarodnoy nauchno-practicheskoy konferencii-vystavki “Biologicheskaya zaschita resteniy – osnova stabilizacii agroecosistem”*. 7:404–406 (In Russian)
- Zhukovskiy AG, Boiko SV, Trepashko LI, Krupenko NA et al (2007) [Modern phytosanitary situation of agro-ecosystem of winter wheat in the Republic of Belarus]. *Zemledelie I zaschita rasteniy* 3(124):16–26 (In Russian)
- Zdrozhevskaya SD, Pavlova VV, Buga SF, Kotikova GS et al (2007) [Diseases of cereals]. In: Buga SF (red) *Metodicheskie ukazaniya po registracionnym ispytaniyam fungicidov v selskom hozyaistve*. Buga SF (ed) *Methodical instructions for registration trails of fungicides in agriculture*. Nesvizh: «Nesvizh consolidated printing house S. Budny». 61–101 (In Russian)
- Krupenko NA (2018) [Influence of hydrothermic conditions on the Septoria leaf blotch severity of winter wheat]. *Zaschita vasteniy: sb. nauch. tr.* 42:109–115 (In Russian)
- Krupenko NA, Zhuk EI, Buga SF, Zhukovskiy AG (2017) Septoria leaf blotch of cereals and its harmfulness. *Izvestiya NAN Belarusi. Seriya agrarnykh nauk* (4):66–75 (In Russian)

Sklimenok NA (2015) [Complex of fungi parasitizing on winter wheat and measures for limitation of their harmfulness]. Abstr. Dr. Biol. Thesis. Priluki. 23 p (In Russian)

Stamo PD, Kuznetsova OV (2012) [Application of fungicides must be rational]. *Zaschita i karantin rasteniy* 2:5–8 (In Russian)

Tyuterev SL (2010) Modes of action of fungicides to phytopathological fungi. SPb. 172 p (In Russian)

Plant Protection News, 2020, 103(4), p. 224–232

OECD+WoS: 4.01+AM (Agronomy)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-4-13741>

Full-text article

PECULIARITIES OF ACTION AND RETROSPECTIVE ANALYSIS OF FUNGICIDES EFFICACY FOR PROTECTION OF SOFT WINTER WHEAT AGAINST LEAF DISEASES

N.A. Krupenko*, I.N. Odintsova

Institute of plant protection, ag. Priluki, Minsk district, Belarus

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

The data on the efficacy of 40 fungicides for protection of soft winter wheat against leaf diseases during 2010–2019 are demonstrated. Biological efficacy is calculated based upon the area under the curve of disease development. Biological and economical efficacy of those compounds has been analyzed depending on the number of components, as well as chemical classes of active agents in those compounds. The highest biological efficacy of one-component fungicides against powdery mildew has been recorded for those containing proquinazid, tebuconazole and metrafenone – 69.9–79.3%. Among 23 two-component fungicides the higher efficacy (82.1–84.3%) against powdery mildew has been recorded for the fungicides containing azole combined with morpholine. Biological efficacy against Septoria leaf blotch has varied from 64.7 to 88.0% depending on fungicide composition. Among three-component fungicides the efficacy against powdery mildew has varied from 59.5 to 82.8%, and against Septoria leaf blotch it has varied from 59.8 to 89.9%. As a result of the diseases severity decrease due to the fungicide application the saved yield has reached 9.9 centner of grain per hectare.

Keywords: Septoria leaf blotch, powdery mildew, biological efficacy, active compound, chemical class, mode of action

Received: 30.07.2020

Accepted: 16.11.2020

ВЛИЯНИЕ ХИТИНА НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ШТАММОВ *BACILLUS SUBTILIS*

И.Л. Краснобаева, Н.М. Коваленко*, Э.В. Попова

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

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

Цель работы состояла в оценке влияния различных форм хитина и хитозана при глубинном культивировании штаммов *Bacillus subtilis*, составляющих основу лабораторного образца Витаплан, КЖ, на синтез хитиназы, а также на антагонистическую активность и индуцирующий эффект штаммов *B. subtilis* на примере патосистем: пшеница - *Cochliobolus sativus* и *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. Включение в среду для глубинного культивирования бактерий хитина в форме сухого порошка или хитина и хитозана в виде коллоидной суспензии показало, что только коллоидный хитин повышал антагонистическую активность штаммов *B. subtilis* в отношении тест-культур – *Alternaria solani*, *Clavibacter michiganensis*. Экспериментально обнаружена способность штаммов *B. subtilis* синтезировать внеклеточную хитиназу, при культивировании в среде, содержащий коллоидный хитин. Выявлен более высокий фунгистатический эффект лабораторного образца Витаплан КЖ + коллоидный хитин по отношению к *Cochliobolus sativus* по сравнению с исходным образцом. Показано, что лабораторный образец Витаплан, КЖ+ коллоидный хитин в 1.5–2.0 раза эффективнее повышает устойчивость пшеницы к темно-бурой пятнистости и бурой ржавчине, чем Витаплан, КЖ. В результате проведенных исследований получен лабораторный образец Витаплан, КЖ + коллоидный хитин с повышенной антагонистической и индуцирующей активностью по сравнению с исходной формой- Витаплан, КЖ.

Ключевые слова: лабораторный образец Витаплан, антибактериальная активность, фунгистатический эффект, коллоидный хитин, *Cochliobolus sativus*, индуцированная устойчивость

Поступила в редакцию: 23.04.2020

Принята к печати: 29.11.2020

Разработка новых экологизированных технологий защиты сельскохозяйственных культур от вредных организмов – одно из самых перспективных направлений современной сельскохозяйственной науки. Исследователи всего мира уделяют все больше внимания этому направлению, создавая методы защиты растений, которые альтернативны химическим и безопасны для окружающей среды, нетоксичны для людей и животных (Максимов др., 2011, Zalila-Kolsi et al., 2016). Этим требованиям отвечают микробиологические препараты, являющиеся основным элементом современных технологий фитосанитарной оптимизации агроценозов. Принцип действия таких биопрепаратов отличается от классических химических средств защиты растений и основан на регуляции численности фитопатогенов.

В нашей стране широко известен биопрепарат Витаплан, КЖ созданный в ВИЗР на основе высокоактивных штаммов *Bacillus subtilis* (ВКМ В-2604D и ВКМ В-2605D) с широким спектром активности, который используется для защиты сельскохозяйственных культур от грибных и бактериальных болезней (Новикова и др., 2011, 2013, 2017). Защитное действие препаратов на основе *B. subtilis* обусловлено комплексом взаимодействий, например, антибиозом, лизисом клеток патогенных грибов, запуском системной индуцированной устойчивости (СИУ) и системной приобретенной устойчивости (СПУ), а также конкуренцией с патогенной микрофлорой за пространство для колонизации и за питательные вещества (Максимов и др., 2015; Новикова и др., 2011; Wang et al., 2015; Cao Y et al., 2012).

Считается, что антагонизм бактерий рода *Bacillus* ко многим фитопатогенным грибам обусловлен, в первую очередь, синтезом соединений антибиотической природы

(Сидорова и др., 2018; Wang et al., 2015, 2018). Доказано также, что в разрушении клеточной стенки мицелиальных грибов участвует комплекс гидролитических ферментов, продуцируемых антагонистами, в том числе хитинолитических (Актуганов и др., 2003, 2008; Широков и др., 2003). Хитинолитическая активность зачастую рассматривается как один из важнейших критериев, определяющий антагонистические свойства бактерий, и как признак, коррелирующий с их миколитической активностью и способностью утилизировать биомассу грибов (Актуганов и др., 2007). Среди внеклеточных гидролаз, способных разрушать структурные полисахариды клеточной стенки и лизировать гифы грибов, наибольший интерес представляют хитиназы (Широков, 2003; Журавлева и др., 2004). В большинстве случаев хитиназы являются индуцибельными ферментами, образующимися в присутствии специфического субстрата.

В этой связи для усиления биологической активности лабораторного образца Витаплан, КЖ целесообразным представляется включение в среду для культивирования соединений, способствующих индукции хитиназ, в частности, хитин и хитинсодержащие субстраты.

С другой стороны, известно, что хитин, хитозан и их олигомеры считаются мощными элиситорами иммунитета растений (Yin et al., 2013; Deermala et al., 2014). Эти природные полисахариды в последнее время активно используются для улучшения биологической активности биопрепаратов, так как предполагается, что хитин и хитозан могут индуцировать (отдельно или в комбинации с бактериальными клетками) системную устойчивость к фитопатогенам. Это нашло подтверждение в ряде работ, в которых было установлено, что добавление хитозана к микробам-антагонистам повышало эффективность

биоагентов в защите овощных культур и клубники от мучнистой росы (Abdel-Kader et al., 2012), а добавление хитина к штаммам *Bacillus* значительно сокращало увядание растений хлопка (Rajendran et al., 2008).

Цель работы состояла в оценке влияния различных форм хитина и хитозана при добавлении их в стандартную

среду для глубинного культивирования штаммов *B. subtilis*, входящих в состав лабораторного образца Витаплан, КЖ, на синтез хитиназы, а также на антагонистическую и индуцирующую активность биопрепарата на примере патосистем пшеница *Cochliobolus sativus* и *Puccinia recondita*.

Материал и методы

В экспериментах использовали штаммы фитопатогенных микроорганизмов (*Alternaria solani* Sorauer, *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis* (Smith) Davis et al (штамм101)), *Cochliobolus sativus* (S. Ito & Kurib.) Drechler ex Dastur, *Puccinia recondita* Roberge ex Desmaz f. sp. *tritici*), а также штаммы микробов-антагонистов *B. subtilis* ВКМ В-2604D и *B. subtilis* ВКМ В-2605D из «Государственной коллекции микроорганизмов, патогенных для растений и их вредителей» Центра коллективного пользования научным оборудованием «Инновационные технологии защиты растений» ВИЗР. Возбудители темно-бурой пятнистости (St-19) и бурой ржавчины (Lr-19), получены из растений пшеницы сорта Галина в Ленинградской области, находящиеся в рабочей коллекции лаборатории ВИЗР.

Лабораторный образец, названный нами, Витаплан, КЖ, представляет собой культуральную жидкость высокоактивных штаммов *Bacillus subtilis* (*B. subtilis* ВКМ В-2604D и *B. subtilis* ВКМ В-2605D), полученных методом глубинного культивирования при соотношении 1:1 с титром жизнеспособных клеток *B. subtilis* 10^{10} КОЕ/мл. Для глубинного культивирования штаммов *B. subtilis* использовали кукурузно-мелассовую среду оптимизированного состава (кукурузный экстракт – 30г/л; меласса – 15г/л (рН=7.8). В состав культуральной жидкости входят споры штаммов-продуцентов, остатки питательной среды и метаболиты, выделенные в среду микроорганизмами в процессе ферментации.

Поскольку синтез хитиназ индуцируется только специфическими индукторами, такими как хитин и хитин-содержащие субстраты, то в стандартную среду для глубинного культивирования включали хитин с молекулярной массой 100 кДа («Биопрогресс», РФ) в виде сухого порошка и коллоидной суспензии. Получение коллоидного хитина проводили по методу Roberts and Selitrennikoff (1988). Хитозан с молекулярной массой 60 кДа и степенью деацетилирования 85% был получен методом окислительной деструкции (Muzzarelli, 1977) из хитозана с молекулярной массой 150 кДа («Биопрогресс», РФ). Коллоидный хитозан получали по модифицированному нами методу Ильиной и Варламова (2004), путем осаждения растворенного в водном 2.5% растворе молочной кислоты хитозана (ММ 60 кДа) раствором гидроксида натрия (1.5%) до доведения рН=8.

Для получения различных вариантов лабораторных образцов в исходную кукурузно-мелассовую среду вносили испытуемые вещества в соответствующей концентрации. Затем колбы с питательной средой стерилизовали, остужали и засеивали 5-ти суточной культурой штаммов *B. subtilis*. Время культивирования – 3-е суток на орбитальной качалке (180 оборотов/мин) при $T = 27-28^{\circ}\text{C}$. Варианты при культивировании штаммов в среде с добавлением хитина и других компонентов названы лабораторными образцами.

Варианты лабораторных образцов Витаплан, КЖ:

1. Контроль – лабораторный образец Витаплан, КЖ – культуральная жидкость двух штаммов *B. subtilis* ВКМ В-2604D и *B. subtilis* ВКМ В-2605D в соотношении 1:1 (титр жизнеспособных клеток 10^{10} КОЕ/мл).

2. Лабораторный образец Витаплан, КЖ + хитин. Сухой хитин вводили в состав питательной среды при культивировании штаммов в концентрации 1.0%.

3. Лабораторный образец Витаплан, КЖ + коллоидный хитин. Коллоидный хитин вводили в состав питательной среды для культивирования штаммов в концентрации 1.0% (из расчета на сухой вес хитина).

4. Лабораторный образец Витаплан, КЖ + коллоидный хитозан. Коллоидный хитозан вводили в состав питательной среды для культивирования штаммов в концентрации 1.0% (из расчета на сухой вес хитозана).

Титр жизнеспособных клеток определяли стандартным методом серийных разведений с последующим высевом на агаризованную среду СПА и подсчетом количества выросших колоний (КОЕ/мл).

Для лабораторных опытов *in vitro* использовали следующие агаризованные питательные среды (Билай, 1982): синтетическая среда Чапека: NaNO_3 – 2г, KH_2PO_4 – 1г, MgSO_4 – 0.5г, KCl – 0.5г, FeSO_4 – 0.01г, сахароза – 20г, агар-агар – 20г, вода – 1л (Биокомпас-С); сухой питательный агар (СПА) на основе гидролизата рыбной муки (НПО «Микроген»).

Оценку способности штаммов *B. subtilis* биопрепарата Витаплан к синтезу внеклеточных хитиназ проводили чашечным экспресс-методом (Rasul et al., 2015, Adhikari et al., 2017). Для выявления хитиназной активности использовали агаризованную среду Чапека, куда добавляли коллоидный хитин (1.0%). Активность хитиназы оценивали по величине зон просветления вокруг лунок, куда при помощи стерильной пипетки вносили культуральную жидкость (0.2 мл) полученных образцов и выражали в условных единицах в виде диаметра зон гидролиза непрозрачного субстрата (коллоидного хитина) в мм.

Оценку антибактериальной активности образцов по отношению к возбудителю бактериального рака томатов *S. michiganensis* (штамм 101) и антигрибной активности по отношению к возбудителю альтернариоза томата *A. solani* проводили методом бумажных дисков по диаметру зоны лизиса тест-культур фитопатогенов на агаризованной питательной среде (Билай, 1982). Для этого поверхность агаризованных сред в чашках Петри засеивали сплошным газоном суспензией тест-культуры с титром 10^5 КОЕ/мл, а затем на поверхность агара помещали стерильные бумажные фильтры диаметром 8 мм, на которые пипеткой наносили суспензию (0.1 мл) лабораторного образца с титром бактериальных клеток 10^{10} КОЕ/мл. Выращивание тест-культур проводили в термостате при $22-25^{\circ}\text{C}$ в течение 3–5 суток.

Изучение прямого фунгистатического действия исследуемых образцов проводили *in vitro* методом агаровых блоков (Билай, 1982). В стерильные чашки Петри разливали охлажденную до 40 °С агаризованную среду Чапека. После застывания на поверхность среды равномерно наносили суспензии испытуемых образцов (0.2 мл), а затем помещали блоки 10 суточного микромицета *C. sativus* диаметром 6 мм. В качестве контроля служили чашки с агаризованной средой Чапека с блоками тест-культуры без испытуемых образцов. Чашки инкубировали в темноте при 25 °С. Диаметры колоний гриба измеряли на 3-е, 5-е, 7-е сутки совместного культивирования, после чего оценивали фунгистатическое действие испытуемых образцов по формуле Эббота:

$$П = \frac{Дк-Доп}{Дк} \times 100,$$

где П – подавление роста гриба по сравнению с контролем, %;

Дк – диаметр колонии гриба в контроле, мм;

Доп – диаметр колонии гриба в опыте, мм.

Повторность опыта 3-х кратная.

Опыты по оценке индуцирующей активности образцов проводили методом отделенных листьев (Михайлова, 2012). Для оценки индуцирующей активности 7-дневные проростки пшеницы сорта Саратовская 29 опрыскивали исследуемыми растворами лабораторных образцов за 24 ч до инокуляции патогеном. Для опрыскивания растений культуральную жидкость Витаплан, КЖ, и Витаплана, КЖ

+ коллоидный хитин разводили дистиллированной водой в 10 раз (титр рабочего раствора составил 10⁹ КОЕ/мл). В контрольных вариантах растения пшеницы обрабатывали водой и 0.1 % коллоидным хитином.

Заражение листьев пшеницы проводили суспензией спор (4000 спор/мл) гембиотрофа *C. sativus* и суспензией пустул биотрофа *P. recondita* (4000 пустул/мл). Интенсивность развития болезни листьев пшеницы оценивали при инокуляции *C. sativus* на 4-е сутки после заражения, а при инокуляции *P. recondita* на 7-е сутки после заражения по степени поражения площади листа. Все опыты проводили в 3-кратной повторности, полученные данные обрабатывали с использованием методов описательной статистики (на основе стандартных ошибок средних \pm SEM, 95 % доверительных интервалов и t-критерия Стьюдента).

Статическая обработка

Все опыты проводили в 3-кратной повторности, полученные данные обрабатывали с использованием методов описательной статистики (на основе стандартных ошибок средних \pm SEM, 95 % доверительных интервалов и t-критерия Стьюдента). В табл. 2 приведены средние арифметические значения и их доверительные интервалы, рассчитанные по стандартным ошибкам. Уровень различий между средними значениями в табл. 1 и 3 определяли по критерию наименьшей существенной разницы (НСР) при $p < 0.05$.

Результаты

Включение хитина и хитозана в среду при глубинном культивировании штаммов *B. subtilis* не оказало влияния на концентрацию клеток бактерий; титр клеток штаммов во всех вариантах опыта был одинаковым (табл. 1). Антагонистическая активность испытуемых образцов №1 и №3

в отношении фитопатогенных организмов была на уровне контроля. Введение в среду при глубинном культивировании штаммов *B. subtilis* коллоидного хитина повышало антагонистическую активность образца №2 в отношении обеих тест-культур – *A. solani*, *C. michiganensis* (табл. 1).

Таблица 1. Влияние коллоидного хитозана, сухого и коллоидного хитина при глубинном культивировании штаммов (*B. subtilis* ВКМ В-2604D) и (*B. subtilis* ВКМ В-2605D) в стандартной питательной среде на число клеток и его антагонистическую активность

Table 1. Influence of colloidal chitosan, dry and colloidal chitin during submerged cultivation of strains (*B. subtilis* VKM В-2604D) and (*B. subtilis* VKM В-2605D) of laboratory sample Vitaplan, CL in a standard nutrient medium on the number of cells and its antagonistic activity

Вариант опыта, лабораторные образцы	Титр штамма-продуцента, КОЕ/мл	*Диаметр зоны отсутствия роста, мм	
		<i>A. solani</i> , 5 сутки	<i>C. michiganensis</i> 101, 2 сутки
Витаплан, КЖ (контроль)	10 ¹⁰	40.3±0.2	31.9±0.2
1. Витаплан, КЖ + 1 % сухой хитин	10 ¹⁰	37.8±0.2	31.9±0.2
2. Витаплан, КЖ + 1 % коллоидный хитин	10 ¹⁰	43.6±0.2	34.8±0.1
3. Витаплан, КЖ + 1 % коллоидный хитозан	10 ¹⁰	36.0±0.15	31.6±0.1
НСР _{0.05}		1.1	0.9

* Д – среднее из трех значений

Таким образом, экспериментально показано, что лабораторный образец Витаплан, КЖ + коллоидный хитин обладает повышенной антагонистической активностью по отношению к тест объектам – *A. solani*, *C. michiganensis* (штамм 101).

Сравнительная оценка способности штаммов-продуцентов *B. subtilis* биопрепарата Витаплан к синтезу внеклеточных хитиназ показала, что штаммы *B. subtilis* ВКМ В-2604D и ВКМ В-2605D, составляющие основу лабораторных образцов Витаплан, КЖ, не обладают конститутивным синтезом внеклеточной хитиназы. Из всех

вариантов опыта только при глубинном культивировании в среде, содержащей коллоидный хитин, была обнаружена способность этих штаммов к синтезу индуцибельной хитиназы, активность которой на 8 сутки опыта составила 34±0.5 мм (диаметр зоны просветления на агаризованной среде вследствие расщепления коллоидного хитина).

На данном этапе исследований нашей задачей был подбор для включения в состав оптимальной для глубинного культивирования бактерии *B. subtilis* среды, той формы полисахарида, которая позволит штамму-антагонисту синтезировать индуцибельную хитиназу и продемонстрировать

повышенную антагонистическую активность по сравнению с исходным образцом.

На основании этих критериев был отобран лабораторный образец Витаплан, КЖ+ коллоидный хитин, как наиболее перспективный для изучения антигрибной активности по отношению к микромицету *C. sativus* и способности индуцировать устойчивость пшеницы к темно-бурой пятнистости и бурой ржавчине.

Таблица 2. Влияние различных лабораторных образцов Витаплана КЖ на линейный рост гриба *Cochliobolus sativus*
Table 2. Influence of laboratory sample Vitaplan, CL formulation on the mycelial growth of *Cochliobolus sativus*

Вариант опыта, лабораторный образец	Титр, КОЕ/мл	Ингибирование линейного роста мицелия гриба <i>C.sativus</i> , %			
		5-сутки		7-сутки	
		*Д мм	% ингибирования	*Д мм	% ингибирования
Контроль	–	52.5± 0.5	–	80.0± 1.2	–
Витаплан, КЖ	10 ¹⁰	13.5±0.5	74.3	15.0±1.2	81.2
Витаплан, КЖ + коллоидный хитин 1 %	10 ¹⁰	8.0±0.2	84.9	9.5±1.0	88.1

* Д – среднее из трех значений.

Более высокий фунгистатический эффект лабораторного образца Витаплан КЖ + коллоидный хитин по сравнению с исходным, по всей видимости, является результатом совместного действия антибиотических веществ штаммов *B. subtilis* и способности индуцибельной хитиназы, лизировать клеточные стенки микромицета *C. sativus*. Полученные результаты согласуются с исследованиями Акутанова и др. (2007, 2008), которые продемонстрировали способность миколитических ферментов штаммов *Bacillus* и именно хитиназы, лизировать клеточные стенки микромицета *C. sativus*.

Таблица 3. Влияние различных лабораторных образцов Витаплана, КЖ на устойчивость пшеницы к темно-бурой пятнистости и бурой ржавчине, (метод отделенных листьев, сорт Саратовская 29)

Table 3. Effect of spraying Vitaplan, CL formulation on wheat resistance to *Puccinia recondita* and *Cochliobolus sativus*

Вариант опыта, лабораторный образец	Титр штаммов продуцентов, КОЕ/мл	Поражение листьев, %	
		Темно-бурая пятнистость, НСР _{0.05} =4.5	Бурая ржавчина, НСР _{0.05} =9.0
Контроль (вода)	–	65	90
Коллоидный хитин 0.1 %	–	65	90
Витаплан, КЖ	10 ⁹	50	80
Витаплан, КЖ+ коллоидный хитин 1 %	10 ⁹	40	70

В контрольных растениях пшеницы, инфицированных *C. sativus*, площадь поражения листьев составила 65%. Предварительная обработка растений пшеницы лабораторным образцом Витаплан, КЖ с последующим заражением возбудителем темно-бурой пятнистости *C. sativus*, снизила площадь поражения листьев на 15% по отношению к контролю. Опрыскивание растений пшеницы лабораторным образцом Витаплана, КЖ + коллоидный хитин сократило пораженность листьев на 25% по отношению к контролю, что свидетельствует о более высокой индуцирующей активности этого образца по сравнению с исходным. В опыте с заражением пшеницы бурой ржавчиной предобработка растений Витапланом, КЖ уменьшила

пораженность листьев на 10% по отношению к контролю, в то время как лабораторный образец Витаплан, КЖ + коллоидный хитин, показал более высокий индуцирующий эффект, снизив площадь поражения листьев на 20%.

Коллоидный хитин (0.1%) не повлиял на интенсивность развития болезней. Хитин – нейтрально заряженный линейный полимер, цепь которого состоит из N-ацетил гликопиранозных звеньев. Хитин не растворим в воде и коллоидная суспензия полимера имеет низкую биологическую активность, так как для ее проявления необходимо определенное соотношение ацетильных и аминных групп в молекуле (Тюттерев, 2014).

Обсуждение

В плане обсуждения механизмов, лежащих в основе взаимоотношений в патосистемах пшеница – *C. sativus* и *P. recondita*, можно говорить, как о прямом биоцидном воздействии бактерий рода *Bacillus* на микромицеты, так и об их способности усиливать системную устойчивость

растений. Прямое биоцидное действие *B. subtilis* связывают с синтезом ими различных метаболитов с антибиотической активностью – антибиотиков, биосурфактантов, сидерофоров и др. (Cao et al.2012; Rezuanul et al.2012; Wang et al., 2015). В некоторых случаях снижение болезни

связано главным образом с антибиозом, как например, согласно исследованиям Romero et al (2007) итурин и фенгидин играют основную роль в антагонизме *B. subtilis* по отношению к грибу *Podosphaera fusca*, вызывающего мучнистую росу тыквенных.

Согласно исследованиям Шенина и др., (1995) и Новиковой и др. (2011) высокая биологическая эффективность биопрепаратов обусловлена синтезом штаммами *B. subtilis* метаболитного комплекса сложного состава, включающего пептидные и полиеновые антибиотики. Следовательно, экспериментально установленная высокая фунгистатическая активность образца Витаплан, КЖ по отношению к *C. sativus* (81.2%) (табл.2), по-видимому, определяется синтезом штаммами *B. subtilis* антибиотических веществ, подавляющих или замедляющих рост фитопатогена. Повышенная фунгистатическая активность образца Витаплан, КЖ + коллоидный хитин по отношению к *C. sativus* (88.1%), по всей видимости, является результатом совместного действия метаболитного комплекса штаммов *B. subtilis* и хитиназы, синтезируемой ими (табл. 2).

Помимо прямого антагонистического действия на клетки возбудителя, бактерии способны повышать болезнестойкость растений синтезируя соединения – элиситоры, благодаря которым происходит активация системной индуцированной устойчивости (СИУ) и системной приобретенной устойчивости (СПУ) (Ongena et al., 2007; Ahn et al., 2002). Элиситорами, запускающими защитный механизм растения, могут быть белки, липопептиды, полисахариды и другие соединения, ассоциированные с клеточной стенкой бактерии *B. subtilis* (Van der Ent S et al., 2009; Van Loon et al., 2007; De Vleeschauwer D., Höfte M., 2009), а также антибиотики и биосурфактанты (Ongena et al., 2007, 2010; Falardeau et al., 2013). Бактериальные метаболиты, обладающие свойствами индукторов устойчивости, включают цепочку взаимосвязанных друг с другом защитных реакций, в том числе образование активных форм кислорода, фосфорилирование белков, запуск базовых механизмов фитоиммунитета, которые приводят к развитию системной устойчивости (Максимов и др., 2014, 2015; Pieterse et al., 2014; Veselova et al. 2014). Так, Park et al., (2007) на примере пяти штаммов *Bacillus* показали, что снижение развития ризоктониоза у томатов происходит не из-за прямого антагонизма, а в результате активации генов устойчивости растения-хозяина.

Индуцирующая активность исходного образца Витаплан, КЖ проявилась в понижении пораженности листьев пшеницы *C. sativus* и *P. recondita* на 15–10% (соответственно) по отношению к контролю (табл. 3). Полученные результаты согласуются с имеющимися в литературе

данными. Так, по мнению Kriuchkova (2017) снижение развития болезни в результате опрыскивания листьев ячменя фильтратом культуральной жидкости штамма *B. amyloliquefaciens* перед инокуляцией *C. sativus*, обусловлено запуском индуцированной устойчивости. По данным Максимова и др. (2015), штамм *B. subtilis* 26Д индуцировал системную устойчивость растений пшеницы инфицированных гемибитрофным грибом *Septoria nodorum*. В своей работе Jasem et al (2018) выявили несколько бактериальных штаммов, в основном относящихся к *Bacillus* spp., которые эффективно подавляли развитие оphiоблеза при опрыскивании всходов пшеницы до инокуляции патогеном, причем индукция защитных реакций растений была основным механизмом подавления развития болезни.

По нашему мнению, обнаруженная у образца Витаплан, КЖ + коллоидный хитин более высокая способность индуцировать устойчивость пшеницы к темно-бурой пятнистости и бурой ржавчине по сравнению с исходным, обусловлена хитоолигосахаридами, образующимися при гидролизе коллоидного хитина хитиназами бактерии (San-Lang et al., 2006). Известно, что хитоолигосахариды являются эффективными элиситорами индуцированной устойчивости в растениях (Yin et al., 2013; Deermala et al, 2014). В результате их взаимодействия с рецепторами происходит активация комплекса защитных реакций неспецифического иммунитета растений. Механизм индуцирующего действия хитоолигосахаридов включает активацию генов защитных белков, в том числе растительной хитиназы (Kavitha et al., 2012), усиление генерации активных форм кислорода, прежде всего H_2O_2 , которая, в свою очередь, может также выполнять сигнальную функцию, активируя гены белков через редокс-контроль транскрипционных факторов или с помощью взаимодействия с другими сигнальными компонентами (Torges, 2010; Sewelam et al., 2013).

Полученные нами данные согласуются с работами, утверждающими, что добавление хитина при культивировании штаммов *Bacillus* позволяет увеличить их эффективность; например, в защите хлопка от ризоктониозного увядания (Rajendran, 2008), гороха от фузариозного увядания, а арахиса от микромицета *A. niger* (Manjula, Podile, 2001).

Таким образом, в результате проведенных исследований получен лабораторный образец Витаплан, КЖ + коллоидный хитин с повышенной биоцидной и индуцирующей активностью по сравнению с исходной формой Витаплан, КЖ.

Библиографический список (References)

- Акуганов ГЭ, Мелентьев АИ, Кузьмина ЛЮ, Галимзянова НФ и др. (2003) Хитинолитическая активность бактерий *Bacillus* Cohn - антагонистов фитопатогенных грибов. *Микробиология* 72(3):356–360
- Акуганов ГЭ, Галимзянова НФ, Мелентьев АИ, Кузьмина Л.Ю (2007) Внеклеточные гидролазы штамма *Basillus* sp. 739 и их участие в лизисе клеточных стенок микромицетов. *Микробиология* 76:471–479
- Акуганов ГЭ, Галимзянова НФ, Мелентьев АИ, Широков АВ (2008) Исследование миколитических свойств аэробных спорообразующих бактерий - продуцентов внеклеточных хитиназ. *Микробиология* 77(6):788–797
- Андреева ЕИ, ред (1990) Методические рекомендации по испытанию химических веществ на фунгицидную активность. Черкаскы: НИИТЭХИМ. 67 с.
- Билай ВИ, ред (1982) Методы экспериментальной микологии. К.: Наукова думка. 275 с.
- Журавлева НВ, Лукьянов ПА (2004) Хитинолитические ферменты: источники, характеристика и применение в биотехнологии. *Вестник ДВО РАН* (3):76–86

- Ильина А.В., Варламов В.П. (2004) Гидролиз хитозана в молочной кислоте. *Прикладная биохимия и микробиология* 40(3):354–358
- Максимов ИВ, Абизгильдина РР, Пусенкова ЛИ (2011) Стимулирующие рост растений микроорганизмы как альтернатива химическим средствам защиты от патогенов. *Прикладная биохимия и микробиология* 47(4):373–385
- Максимов ИВ, Абизгильдина РР, Сорокань АВ, Бурханова ГФ (2014) Регуляция пероксидазной активности под влиянием сигнальных молекул и *Bacillus subtilis* 26Д инфицированных *Phytophthora infestans* растениях картофеля. *Прикладная биохимия и микробиология* 50(2):197–202
- Максимов ИВ, Веселова СВ, Нужная ТВ, Сарварова ЕР и др. (2015) Стимулирующие рост растений бактерии в регуляции устойчивости растений к стрессовым факторам. *Физиология растений* 62(6):763–775
- Михайлова ЛА, Мироненко НВ, Коваленко НМ (2012) Желтая пятнистость пшеницы. Методические указания по изучению популяций возбудителя желтой пятнистости *Pyrenophora tritici-repentis* и устойчивости сортов. СПб: ВИЗР. 56 с.
- Новикова ИИ, Шенин ЮД (2011) Выделение, идентификация и антигрибная активность метаболитов комплекса Гамаир, образуемого штаммом *Bacillus subtilis* М-22 – продуцентом биопрепарата для защиты растений от микозов и бактериозов. *Биотехнология* 47(98):45–58.
- Новикова ИИ, Бойкова ИВ, Павлюшин ВА, Зейрук ВН и др. (2013) Перспективы использования биопрепаратов на основе микробов-антагонистов для защиты картофеля от болезней при хранении. *Вестник защиты растений* 4:12–21
- Новикова ИИ, Титова ЮА, Бойкова ИВ, Зейрук ВН и др. (2017) Биологическое обоснование оптимизации препаративных форм биопрепаратов на основе микробов антагонистов для контроля популяций фитопатогенных грибов и бактерий – возбудителей болезней растений. *Вестник защиты растений* 3(93):16–23
- Сидорова ТМ, Асатурова АМ, Хомяк АИ (2018) Биологически активные метаболиты *Bacillus subtilis* и их роль в контроле фитопатогенных микроорганизмов (обзор). *Сельскохозяйственная биология* 53(1):29–37. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.1.29rus>
- Тютюрев СЛ (2014) Природные и синтетические индукторы устойчивости растений к болезням. СПб: ВИЗР. 212 с.
- Шенин ЮД, Новикова ИИ, Кругликова ЛФ, Калько ГВ (1995) Характеристика Алирина Б, основного компонента фунгицидного препарата, продуцируемого штаммом *Bacillus subtilis*-10-ВИЗР. *Антибиотики и химиотерапия* 40(5):3–7
- Широков АВ (2003) Хитинолитическая активность бактерий *Bacillus Cohn* – антагонистов фитопатогенных грибов. *Микробиология* 72(3):356–360.
- Abdel-Kader MM, El-Mougy NS, Aly MD, Lashin SM (2012) Integration of biological and fungicidal alternatives for controlling foliar diseases of vegetables under greenhouse conditions. *Int J Agric Forestry* 2(2): 8–48 <https://doi.org/10.5923/j.ijaf.20120202.07>
- Adhikari M, Yadav DR, Kim SW, Um YH, Kim HS et al (2017) Biological control of bacterial fruit blotch of watermelon pathogen (*Acidovorax citrulli*) with rhizosphere associated bacteria. *Plant Pathol J* 33(2):170–183. <https://doi.org/10.5423/ppj.oa.09.2016.0187>
- Ahn I-P, Park K, Kim C-H. (2002) Rhizobacteria-induced resistance perturbs viral disease progress and triggers defense-related gene expression. *Mol Cells* 13 (2):302–308.
- Cao Y, Xu Z, Ling N, Yuan Y, Yang X et al (2012) Isolation and identification of lipopeptides produced by *B. subtilis* SQR 9 for suppressing *Fusarium* wilt of cucumber. *Sci Hortic* 135:32–39. <http://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.12.002>
- Deepmala K, Hemantaranjan A, Bharti S, Nishant Bhanu A (2014) A future perspective in crop protection: chitosan and its oligosaccharides. *Adv Plants Agric Res* 1(1):23–30. <https://doi.org/10.15406/apar.2014.01.00006>
- De Vleeschauwer D, Höfte M (2009). Rhizobacteria-induced systemic resistance. *Adv Bot Res* 51:223–281
- Falardeau J, Wise C, Novitsky L, Avis TJ (2013) Ecological and mechanistic insights into the direct and indirect antimicrobial properties of *Bacillus subtilis* lipopeptides on plant pathogens. *J Chem Ecol* 39:869–878. <http://doi.org/10.1007/s10886-013-0319-7>
- Jasem AM, Sharii R, Abbasi S (2018) Induced systemic resistance to wheat take-all disease by probiotic bacteria. *J Plant Protect Res* 58 (3):304–310. <https://doi.org/10.24425/jppr.2018.124639>
- Kavitha K, Nakkeeran S, Chandrasekar G (2012) Rhizobacterial-mediated induction of defense enzymes to enhance the resistance of turmeric (*Curcuma longa* L.) to *Pythium aphanidermatum* causing rhizome rot. *Arch Phytopathol Plant Protect* 45:199–219.
- Kriuchkova LO (2017) Biological control of leaf disease of barley with *Bacillus* strain. *Biologija* 63(3):289–295.
- Manjula K, Podile A (2001) Chitin supplemented formulations improve biocontrol and plant growth promoting efficiency of *Bacillus subtilis* AF 1. *Can J Microbiol* 47(7):618–625.
- Muzzarelli RA (1977) Chitin. Oxford: Pergamon Press. 309 p.
- Ongena M, Adam A, Jordan E, Paquot M, Brans A et al (2007) Surfactin and fengycin lipopeptides of *Bacillus subtilis* as elicitors of induced systemic resistance in plants. *Environ Microbiol* 9:1084–1090. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2006.01202.x>
- Ongena M, Henry G, Thonart P (2010) The role of cyclic lipopeptides in the biocontrol activity of *Bacillus subtilis*. Recent Developments in Management of Plant Diseases (Plant Pathology in the 21st century). V. 1 / Eds. Gisi U., Chet L., Guillino M.L., Dordrecht, Heidelberg, London New York: Springer Science+Business Media B.V 1:59–69. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8804-9_5
- Park K, Diby P, Kim YK et al (2007) Induced systemic resistance by *Bacillus vallismortis* EXTN-1 suppressed bacterial wilt in tomato caused by *Ralstonia solanacearum*. *Plant Pathol J* 23(1):2225. <https://doi.org/10.5423/PPJ.2007.23.1.022>
- Pieterse CM, Zamioudis C, Berendsen RL, Weller DM, van Wees SC et al (2014) Induced Systemic Resistance by Beneficial Microbes. *Annu Rev Phytopathol* 52:347–375. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102340>
- Rajendran L, Samiyappan R (2008) Endophytic *Bacillus* species confer increased resistance in cotton against damping off disease caused by *Rhizoctonia solani*. *Plant Pathol J* 7(1):1–12. <https://doi.org/10.3923/ppj.2008.1.12>

- Rasul F, Afroz A, Rashid U, Mehmood S, Sughra K et al (2015) Screening and characterization of cellulase producing bacteria from soil and waste (molasses) of sugar industry. *Int J Biosci* 6(3):230–238. <https://doi.org/10.12692/ijb/6.3.230-238>
- Rezuhanul I, Yong T, Yong S, Chi H (2012) Isolation and identification of antifungal compounds from *Bacillus subtilis* C9 inhibiting the growth of plant pathogenic fungi. *Mycobiology* 40(1):59–66. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2012.40.1.059>
- Roberts W K, Selitrennikoff CP (1988) Plant and bacterial chitinases differ in antifungal activity. *J Gen Microbiol* 134:169–176. <https://doi.org/10.1099/00221287-134-1-169>
- Romero D, de Vicente A, Rakotoaly RH, Dufour SE, Arrebola E et al (2007) The iturin and fengycin families of lipopeptides are key factors in antagonism of *Bacillus subtilis* toward *Podosphaera fusca*. *Mol Plant Microbe Interact* 20(4):430–40. <https://doi.org/10.1094/MPMI-20-4-0430>
- San-Lang W, Tzu-Yin L, Yue-Horng Y, Hui-Fen L, Yu-Jen C (2006) Bioconversion of shellfish chitin wastes for the production of *Bacillus subtilis* W-118 chitinase. *Carbohydr Res* 341(15):2507–2515. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2006.06.027>
- Sewelam N, Kazan K, Thomas-Hall S.R., Kidd B.N., Manners J.M et al (2013) Ethylene response factor 6 is a regulator of reactive oxygen species signaling in *Arabidopsis*. *PLoS ONE* 8(8):e70289. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070289>
- Torres MA (2010) ROS in biotic interactions. *Physiol. Plant.* 138(4):414–429. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2009.01326.x>
- Yin H, Li Y, Zhang HY, Wang WX, Lu H et al (2013) Chitosan Oligosaccharides–Triggered Innate Immunity Contributes to Oilseed Rape Resistance against *Sclerotinia Sclerotiorum*. *Int J Plant Sci* 174(4): 722–732. <https://doi.org/10.1086/669721>
- Zalila-Kolsi I, Ben Mahmoud A, Hacina A, Sellami S et al (2016) Antagonist effects of *Bacillus spp.* strains against *Fusarium graminearum* for protection of durum wheat (*Triticum turgidum L. subsp. durum*). *Microbiol Res* 192:148–158. <http://doi.org/10.1016/j.micres.2016.06.012>
- Veselova SV, Nuzhnaya TV, Maksimov IV (2014) Role of jasmonic acid in interaction of plants with plant growth promoting rhizobacteria during fungal pathogenesis. In: Morrison L (ed) *Jasmonic acid* (Chapter: 3). New York: Nova Sci. Publ. 33–66
- Van der Ent S, van Wees S, Pieterse C (2009) Jasmonate signaling in plant interactions with resistance-inducing beneficial microbes. *Phytochemistry* 70(13-14):1581–1588. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2009.06.009>
- Van Loon LC (2007) Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. *Eur J Plant Pathol* 119:243–254. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6776-1_2
- Wang T, Liang Y, Wu M, Chen Z et al (2015) Natural products from *Bacillus subtilis* with antimicrobial properties. *Chinese J Chem Eng* 23(4):744–754. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2014.05.020>
- Wang XQ, Zhao DL, Shen LL, Jing CL et al (2018) Application and mechanisms of *Bacillus subtilis* in biological control of plant disease. In: Meena VS (ed) *Role of rhizospheric microbes in soil*. Springer, Singapore. 225–250. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-8402-7-9>

Translation of Russian References

- Aktuganov GE, Melentyev AI, Kuzmina LJ, Galimzyanova NF, et al (2003) Chitinolytic activity of bacteria *Bacillus Cohn*, antagonists of phytopathogenic fungi. *Mikrobiologiya* 72(3):356–360 (In Russian)
- Aktuganov GE, Galimzyanova NF, Melentyev AI, Kuzmina L.Yu (2007) Extracellular hydrolases of the strain *Bacillus sp.* 739 and their participation in the lysis of cell walls of micromycetes. *Mikrobiologiya* 76:471–479 (In Russian)
- Aktuganov GE, Galimzyanova NF, Melentyev AI, Shirokov AV (2008) Study of the mycolytic properties of aerobic spore-forming bacteria - producers of extracellular chitinases. *Mikrobiologiya* 77(6):788–797 (In Russian)
- Andreeva EI, ed (1990) Metodicheskie rekomendatsii po ispytaniyu khimicheskikh veshchestv na fungitsidnyuyu aktivnost [Guidelines for testing chemicals for fungicidal activity]. Cherkassy: NIITEKHIM 67p. (In Russian)
- Bilay VI, ed (1982) Metody eksperimentalnoy mikologii [Methods of experimental mycology]. Kiev: Naukova Dumka. 275 p (In Russian)
- Zhuravleva NV, Lukyanov PA (2004) Chitinolytic enzymes: sources, characteristics and applications in biotechnology. *Vestnik of FEB RAS* 3(76–86) (In Russian)
- Maksimov IV, Abizgildina PP, Pusenkova LI (2011) Plant growth-promoting microorganisms as an alternative to chemical means of protection against pathogens. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya* 47:73–385 (In Russian)
- Maksimov IV, Abizgildina RR, Sorokan AV, Burhanova GF (2014) Regulyaciya peroksidaznoj aktivnosti pod vliyaniem signalnykh molekul i *Bacillus subtilis* 26D inficirovannykh *Phytophthora infestans* rasteniyah kartofelya. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya* 50(2):197–202 (In Russian)
- Maksimov IV, Veselova SV, Nuzhny TV, Sarvarova EP et al (2015) Stimulating plant growth bacteria in the regulation of plant resistance to stress factors. *Fiziologiya rasteniy* 62(6):763–775 (In Russian)
- Mikhailova LA, Mironenko NV, Kovalenko NM (2012) Zheltaya pyatnistost pshenitsy. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu populyatsiy vzbuditelya zheltoy pyatnistosti *Pyrenophora tritici-repentis* i ustoychivosti sortov. [Yellow spot of wheat. Guidelines for the study of populations of the yellow spotted pathogen *Pyrenophora tritici-repentis* and the resistance of varieties]. SPb: VIZR 56p (In Russian)
- Novikova II, Shenin YuD (2011) Isolation, identification and antifungal activity of metabolites of the Gamair complex, formed by the *Bacillus subtilis* M-22 strain, a producer of the biological agent for plant protection against mycoses and bacterioses. *Biotechnology* 47(98):45–58 (In Russian)
- Novikova II, Boykova IV, Pavlyushin VA, Zeyruk VN et al (2013) Prospects for the use of biological products based on antagonist microbes to protect potatoes from diseases during storage. *Bulletin of plant protection* 4:12–21 (In Russian)
- Novikova II, Titova YuA, Boykova I.V, Zeyruk VN et al (2017) Biological justification for the optimization of preparative forms of biological preparations based on antagonist microbes to control populations of phytopathogenic fungi

- and bacteria that cause plant diseases. *Bulletin of plant protection* 3:16–23 (In Russian)
- Sidorova TM, Asaturova AM, Homyak AI (2018) Biologically active metabolites of *Bacillus subtilis* and their role in the control of phytopathogenic microorganisms (review). *Agricultural biology* 53(1):29–37. <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2018.1.29rus> (In Russian)
- Tyuterev SL (2014) Natural and synthetic inducers of plant disease resistance. SPb:VIZR 212 p. (In Russian)
- Shanin YuD, Novikova II, Kruglikova LF, Kalko GV (1995) Harakteristika Alirina B, osnovnogo komponenta fungicidnogo preparata, produciruemogo shtammom *Bacillus subtilis*-10-VIZR. *Antibiotiki i khimioterapiya* 40(5):3–7 (In Russian)
- Shirokov AB (2003) Chitinolytic activity of bacteria *Bacillus* Cohn – antagonists of pathogenic fungi. *Mikrobiologiya* 72(3):356–360 (In Russian)

Plant Protection News, 2020, 103(4), p. 233–240

OECD+WoS: 4.01+AM (Agronomy)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-4-13272>

THE EFFECT OF CHITIN ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF *BACILLUS SUBTILIS* STRAINS

I.L. Krasnobaeva, N.M. Kovalenko*, E.V. Popova

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

*corresponding author; e-mail: nadyakov@mail.ru

The aim of the work was to assess the effect of various forms of chitin and chitosan during submerged cultivation of *Bacillus subtilis* strains, which form the basis of the laboratory sample Vitaplan, CL, on the synthesis of chitinase, as well as on the antagonistic activity and inducing effect of *B. subtilis* strains in the pathosystems of wheat - *Cochliobolus sativus* and *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. The inclusion of chitin in the form of dry powder or chitin and chitosan in the form of a colloidal suspension into the medium for deep cultivation of bacteria showed that only colloidal chitin increased the antagonistic activity of *B. subtilis* strains against test cultures of *Alternaria solani* and *Clavibacter michiganensis*. The ability of *B. subtilis* strains to synthesize extracellular chitinase when cultivated in a medium containing colloidal chitin was established. A higher fungistatic effect of the laboratory sample Vitaplan CL + colloidal chitin against *Cochliobolus sativus* was revealed as compared to the original sample. It was shown that the laboratory sample Vitaplan, CL + colloidal chitin increases the resistance of wheat to dark brown spot and brown rust 1.5–2.0 times more effectively as compared to Vitaplan, CL. As a result of the research, a laboratory sample of Vitaplan, CL + colloidal chitin was obtained with increased antagonistic and inducing activity as compared to Vitaplan, CL.

Keywords: biological control, Vitaplan, fungistatic activity, antagonistic effect, chitosan, chitin, induced resistance, *Triticum aestivum*, *Cochliobolus sativus*, *Puccinia recondita*

Received: 23.04.2020

Accepted: 29.11.2020

ОСОБЕННОСТИ ВНУТРИ- И МЕЖВИДОВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ОРАНЖЕРЕЙНОЙ БЕЛОКРЫЛКИ *TRIALEURODES VAPORARIORUM* И ОБЫКНОВЕННОГО ПАУТИННОГО КЛЕЩА *TETRANYCHUS URTICAE* НА ОГУРЦЕ

О.С. Кириллова*, В.А. Раздобурдин

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

* ответственный за переписку, e-mail: ol-yurchenko@yandex.ru

В лабораторных условиях на огурце проводили оценку опосредованных через растение взаимодействий оранжерейной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* и паутинного клеща *Tetranychus urticae*. Проростки в фазе первого настоящего листа заселяли фитофагами в двух вариантах плотности. Эти растения далее предлагались вредителям для изучения их реакции. Проявлениями данных реакций выступали степень предпочтения кормового субстрата фитофагами в условиях свободного выбора, а также численность личинок дочернего поколения белокрылки и суточная плодовитость паутинного клеща. Показано, что антиксенотические и антибиотические по отношению к вредителям свойства огурца зависели от вида фитофага-индуктора и от степени повреждения растения. Повреждения растений белокрылкой влияли на поведение и развитие особей только этого же вида. Повреждения паутинным клещом воздействовали на жизнедеятельность особей как этого вида фитофага, так и оранжерейной белокрылки. Анализ литературы по данной проблематике и результаты наших исследований свидетельствуют о специфичности ответных реакций растения на повреждения членистоногими, которая может определяться видовыми особенностями фитофагов и зависеть от характера и степени повреждения растения.

Ключевые слова: насекомые-фитофаги, плотность популяции, поведение, развитие, повреждение растений, реакция фитофагов

Поступила в редакцию: 12.03.2020

Принята к печати: 29.11.2020

Введение

В настоящее время известно, что при повреждении фитофагами в растениях развиваются многообразные изменения метаболических процессов, приводящих к образованию ряда защитных веществ с разными типами биологической активности. Реакции различных видов растений в ответ на повреждение одним и тем же видом фитофага, как и реакции одного и того же вида растения на повреждения разными видами фитофагов могут существенно различаться (Godinho et al., 2016; War et al., 2018). Развитие и проявление защитных реакций растений зависят от характера и степени их повреждения. В этой связи определяющую роль играют видовые особенности пищевой специализации и строения ротового аппарата фитофага (Fürstenberg-Hägg et al., 2013).

Биохимическими и молекулярно-генетическими исследованиями последних двух десятилетий установлено, что определяющую роль в формировании защитных реакций растений при повреждении фитофагами играют такие фитогормоны как жасмоновая и салициловая кислоты и этилен (Конарев, 2017; Lu et al., 2014; War et al., 2019). В частности, баланс гормонов и их концентрации определяют исход взаимодействия так называемых жасмонатного и салицилатного сигнальных путей в развитии устойчивости растения; возможность регулирования взаимосвязи и взаимозависимости этих сигнальных путей обеспечивает потенциал для проявления и реализации иммунитета растения (Шафикова, Омеличкина, 2015).

На примере различных систем «растение-фитофаг» показано, что под влиянием повреждений вредителями с грызущим ротовым аппаратом, а также членистоногими с колюще-сосущим ротовым аппаратом, питающихся мезофиллом листа (в частности, клещами и трипсами), в

растительных тканях активизируются биохимические реакции, преимущественно связанные с синтезом жасмоновой кислоты и этилена (Thaler et al., 2001; Dahl, Baldwin, 2007; He, 2016). Флоэмососущие насекомые вызывают у повреждаемого растения защитные химические реакции, обусловленные синтезом салициловой кислоты и ее производных (Zarate et al., 2007; Puthoff et al., 2010; Zhang et al., 2013).

В большинстве зарубежных публикаций, посвященных изучению защитных реакций растений в ответ на повреждение членистоногими из сем. *Aleurodidae*, объектом исследований являлась табачная белокрылка *Bemisia tabaci* Gennadius (= *Bemisia argentifolli* Bellows and Perring). В отношении представителя другого рода из этого семейства – оранжерейной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, которая широко распространена в России, публикации по данной тематике немногочисленны. В теплицах *Trialeurodes vaporariorum* зачастую присутствует одновременно с паутинным клещом *Tetranychus urticae* Koch. Оранжерейная белокрылка и паутинный клещ обитают преимущественно на нижней стороне листьев. Оба вида вредителей являются полифагами. Одним из наиболее благоприятных кормовых растений для обоих фитофагов является огурец. Как в нашей стране, так и за рубежом огурец – одна из основных культур в закрытом грунте, где на растениях могут одновременно обитать вредители разных видов (белокрылки, трипсы, клещи, тли и др.). Применение в теплицах химических средств биоцидного действия строго регламентировано. В связи с этим, расширение знаний о взаимовлиянии фитофагов, разделяющих общий кормовой ресурс, важно для разработки путей совершенствования прогноза численности и

вредоносности вредителей и повышения экологической безопасности защиты культуры.

Целью наших исследований являлось изучение

особенностей взаимодействий оранжерейной белокрылки и паутинного клеща на огурце в начальный период роста и развития растений

Материалы и методы

Исследования проводили на пчелоопыляемом сортообразце огурца Фларри F1. Растения выращивали в пластиковых стаканах с объемом почвы 200 мл. Оранжерейную белокрылку и паутинного клеща разводили на растениях этого же гибрида огурца при длине светового периода 16 часов и температуре 22–25 °С. Изучали реакции обоих видов членистоногих на повреждение огурца каждым из них. Общая схема проведения эксперимента включала варианты: 1 – повреждение растений белокрылкой, оценка реакции белокрылки; 2 – повреждение растений белокрылкой, оценка реакции клеща; 3 – повреждение растений клещом, оценка реакции клеща; 4 – повреждение растений клещом, оценка реакции белокрылки.

Растения в фазе первого настоящего листа заселяли имаго белокрылки или самками паутинного клеща сроком на 3 суток. Создавали два варианта плотности вредителей: паутинного клеща – 8 и 16 самок на растение, оранжерейной белокрылки – 10 и 25 имаго. Это обеспечивало разную степень поврежденности проростков фитофагами. Растения с членистоногими по одному помещали в стеклянные садки (d = 18 см, h = 25 см), затянутые мельничным газом в целях предотвращения вторичного заселения вредителями. По истечении 3-х суток имаго белокрылки удаляли эксгаустером, а имаго клеща и отложенные ими яйца – с помощью кисточки. Растения дорастивали до образования второго настоящего листа в течение 7 дней в садках. Поскольку на растениях, заселенных белокрылкой, после удаления имаго оставались отложенные яйца, на седьмые сутки на 1-м настоящем листе находились личинки первого и второго возраста.

Перед использованием растений в экспериментах первый настоящий лист, поврежденный тем или иным вредителем, удаляли. С контрольных растений 1-ый настоящий лист так же удаляли. Контролем являлись неповрежденные растения, которые выращивали одновременно с опытными при такой же температуре, влажности и освещенности. Опытные и контрольные растения выращивались в отдельных боксах. Это исключало обмен информацией между заселенными и незаселенными фитофагами растениями посредством летучих соединений, о возможности которого известно из литературы (Bruin et al., 1992; Zhang et al., 2019).

Для оценки предпочтения растений взрослыми особями белокрылки в стеклянный садок, затянутый мельничным газом (d = 18 см, h = 25 см), помещали по одному контрольному

и опытному растению, растущих в пластиковых стаканах, и выпускали 30 имаго, собранных эксгаустером. До выпуска насекомые находились в эксгаустере в течение 1 часа для усиления мотивации к поиску кормового растения. Через сутки после выпуска белокрылки проводили учет распределения имаго по растениям. Долю особей на растениях рассчитывали от числа выпущенных имаго. Эксперимент проводили в 10 повторностях.

Изучение выбора паутинным клещом листьев с опытных и контрольных растений проводили в стеклянных садках диаметром 50 см и высотой 15 см. На дно садка помещали увлажненную бумажную салфетку, на которую выкладывали по кругу в порядке чередования только что срезанные листья второго яруса с трех контрольных и трех опытных растений. Растения находились в фазе второго полностью развернутого настоящего листа, с растений брали по одному листу. В центр сосуда выпускали 30 взрослых самок клеща. Сосуды затягивали пищевой пленкой для предотвращения увядания листьев. Учет количества клещей на листьях проводили через 1 сутки. Долю особей на листовых пластинках рассчитывали от числа выпущенных. Эксперимент проводили в 9 повторностях.

Воздействие защитных реакций огурца на численность дочернего поколения белокрылки оценивали по количеству личинок четвертого возраста. С этой целью опытные и контрольные растения по одному помещали в стеклянные садки, в каждый из которых выпускали по 10 самок фитофага. Через 1 сутки насекомых удаляли с помощью эксгаустера, а растения оставляли на 20 дней до появления личинок четвертого возраста. Количество повторностей в опыте – 10.

Влияние защитных реакций огурца на плодовитость паутинного клеща определяли по количеству яиц, отложенных самкой в течение суток. Для этого на второй настоящий лист опытных и контрольных растений кисточкой помещали по 3 молодые самки. Через трое суток подсчитывали количество яиц на растении и рассчитывали среднюю суточную плодовитость вредителя. Опыт выполняли в 10 повторностях.

Для определения снижения численности потомства фитофагов (СЧП) использовали формулу: $СЧП = [(кол-во особей в контроле - кол-во особей в опыте) / кол-во особей в контроле] \times 100$ (Степаньчева и др., 2007).

При статистическом анализе полученных результатов достоверность различий средних определяли с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты

Исследования показали, что при повреждении огурца белокрылкой в условиях низкой плотности насекомого (10 имаго на растение) взрослые особи этого же вида не проявляли предпочтения при выборе между опытными и контрольными растениями. Статистически достоверные различия в избирательности растений белокрылкой были выявлены в опытах с плотностью этого вредителя на этапе повреждения в 25 особей на растение. В обоих вариантах плотности белокрылки-индуктора существенных различий в выборе паутинным клещом листьев с контрольных и опытных растений не обнаружено (табл. 1).

В вариантах с повреждением огурца паутинным клещом самки этого вредителя предпочитали заселять листья с контрольных растений. Это наблюдалось в экспериментах с большой плотностью клеща-индуктора (16 особей на растение). Имаго белокрылки также предпочитали заселять неповрежденные растения, но достоверные различия были показаны только для растений с меньшей плотностью клеща-индуктора (8 особей на растение) (табл. 1). Данные, приведенные в таблице 1, демонстрируют выбор кормовых растений, связанный с ольфакторной и вкусовой реакциями фитофагов.

Таблица 1. Предпочитаемость оранжерейной белокрылкой и паутинным клещом растений, поврежденных и неповрежденных этими фитофагами
 Table 1. The preference of greenhouse whiteflies and spider mites on the cucumber plants damaged and undamaged by these herbivores

Плотность имаго фитофага при повреждении огурца, экз. / раст.	Доля прореагировавших особей, %			
	Оранжерейная белокрылка		Паутинный клещ	
	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль
Растения повреждены оранжерейной белокрылкой				
10	44.2 ± 5.8	37.6 ± 4.6	41.2 ± 5.7	44.3 ± 4.3
25	34.7 ± 2.7	46.4 ± 3.2 b *	45.4 ± 5.1	37.5 ± 5.7
Растения повреждены паутинным клещом				
8	29.7 ± 4.5	43.2 ± 4.1 *	55.6 ± 4.2	44.4 ± 8.2
16	36.3 ± 4.9	47.5 ± 5.9	32.4 ± 6.4	67.7 ± 4.6 *

Примечание: показатели выбора растений фитофагами приведены, как средние значения ± ст. ошибка;

* – различия средних значений в опыте и контроле достоверны при $p \leq 0.05$.

На предварительно поврежденных белокрылкой растениях численность личинок вредителя этого же вида в опыте достоверно отличалась от контроля только в вариантах эксперимента с максимальной плотностью насекомого-индуктора (25 имаго на растение). Плодовитость паутинного клеща на поврежденных белокрылкой и контрольных

растениях статистически не различалась в обоих вариантах плотности.

Иную картину наблюдали на растениях, поврежденных паутинным клещом. Статистически достоверное негативное воздействие опытных растений отмечено только в отношении паутинного клеща при низкой плотности этого фитофага как индуктора (8 клещей на растение) (табл. 2).

Таблица 2. Влияние повреждения огурца фитофагами на численность личинок оранжерейной белокрылки и плодовитость паутинного клеща

Table 2. The effect of cucumber damage by herbivores on the number of greenhouse whitefly larvae and spider mite fecundity

Плотность имаго фитофага при повреждении огурца, экз. / раст.	Численность личинок белокрылки, экз. / раст.			Плодовитость паутинного клеща, яиц / самку/день		
	Опыт	Контроль	СЧП, %	Опыт	Контроль	СЧП, %
Растения повреждены оранжерейной белокрылкой						
10	23.7 ± 4.4	23.3 ± 5.1	-1.7	12.6 ± 3.3	11.7 ± 3.1	-7.7
25	15.2 ± 2.5	23.7 ± 3.4 *	35.9	11.3 ± 4.3	10.7 ± 3.2	-5.6
Растения повреждены паутинным клещом						
8	21.4 ± 3.4	19.3 ± 5.2	-10.9	12.1 ± 0.8	14.6 ± 1.1*	17.1
16	13.4 ± 2.4	18.4 ± 2.2	27.2	9.7 ± 2.7	14.3 ± 2.9	32.2

Примечание: показатели численности фитофагов приведены, как средние значения ± ст. ошибка;

* – различия средних значений в опыте и контроле достоверны при $p \leq 0.1$

Интересным представляется сравнение показателей численности личинок белокрылки и плодовитости клеща в опытных вариантах – на растениях, поврежденных фитофагами-индукторами при двух вариантах их плотности. Повышение плотности белокрылки-индуктора с 10 до 25 имаго на растении вызывало при повторном заселении огурца снижение численности личинок этого насекомого на 35.9%. Практически такое же снижение численности личинок белокрылки (на 37.4%) наблюдается при увеличении численности с 8 до 16 особей другого индуктора – самок паутинного клеща. Снижения плодовитости паутинного клеща в аналогичных вариантах эксперимента не выявлено.

Значения численности личинок белокрылки и суточной плодовитости клеща имели в целом более высокую вариабельность в сравнении с показателями предпочтительности растений вредителями. В связи с этим в данном эксперименте статистическая достоверность различий показателей в опытных и контрольных вариантах оказалась ниже.

Полученные данные свидетельствуют, что при совместном обитании вредителей на изучаемом сортообразце огурца паутинный клещ способен негативно влиять на развитие тепличной белокрылки, не испытывая отрицательного воздействия с её стороны.

Обсуждение

Численность личинок белокрылки и плодовитость паутинного клеща (табл. 2) являются показателями физиологического состояния вредителей и отражают антибиотическое воздействие растений на фитофагов. При этом физиологическое состояние особей может зависеть не только от результативности усвоения пищевых ресурсов,

но и от продолжительности как поиска ими места питания на листьях, так и собственно акта питания, что предполагает влияние и антиксенотических свойств кормового растения. Ольфакторные и вкусовые реакции фитофагов при выборе кормового растения могут быть обусловлены

выделением растительными тканями летучих химических соединений.

Представленные данные показывают, что повреждение огурца оранжевой белокрылкой не оказывает существенного влияния на предпочтение и плодовитость паутинного клеща. Однако, ранее было показано снижение численности популяции паутинного клеща на поврежденном *T. vaporariorum* огурце при одновременном увеличении биологической эффективности акарифагов *Phytoseiulus persimilis* Ath.-H. и *Neoseiulus californicus* McG., которые быстрее снижали численность вредителя на поврежденных белокрылкой растениях, чем на контрольных (Messelink, Janssen, 2009). Негативное влияние как оранжевой белокрылки на паутинного клеща, так и клеща на белокрылку выявлено иранскими исследователями на клубнике (Mortazavi et al., 2017). Неоднозначные результаты получены рядом исследователей на томате при изучении воздействия на оранжевую белокрылку растений, поврежденных этим же видом. Так, имеются данные, демонстрирующие отсутствие влияния растений при их повреждении *T. vaporariorum* на поведение особей этого вида при вторичном заселении (Степаньчева и др., 2007). Однако, в аналогичных исследованиях показано репеллентное действие на *T. vaporariorum* растений томата, поврежденных этим же видом. На баклажане, напротив, выявлено аттрактивное действие поврежденных оранжевой белокрылкой растений на особей этого же вида (Darshanee et al., 2017).

Поскольку влияние кайромонов или других продуктов жизнедеятельности фитофагов на реакцию тестируемых вредителей в наших экспериментах маловероятно, можно полагать, что реакции фитофагов опосредованы растением, а его модификация при повреждении связана с развитием у растения огурца защитных биохимических реакций системного действия.

Известно, что одним из важнейших факторов, определяющих характер проявления защитных реакций растений в ответ на повреждение фитофагами, является плотность вредителя, от которой зависит степень вызываемых им повреждений. Исследования на проростках огурца, хлопчатника, фасоли демонстрируют, что при повреждении паутинным клещом ответные реакции растений проявляются уже при плотности членистоногих от 3–5 до 10–15 особей на лист (Harrison, Karban, 1986; Balkema-Boomstra et al., 2003), а с увеличением плотности с 20 до 140 особей интенсивность эмиссии летучих соединений возрастает более, чем в 4 раза (Maeda, Takabayashi, 2001). В наших экспериментах при небольшом количестве паутинного клеща (8 особей) происходило уменьшение заселенности растений белокрылкой и снижение плодовитости самок клеща при повторном заселении. При плотности клеща-индуктора 16 особей белокрылки также предпочитали контрольные растения, но различия средних значений достоверны только на уровне ошибки опыта; показатели плодовитости клеща на контрольных и опытных растений статистически не различались. При небольшой плотности *T. vaporariorum* (10 особей) изменения в поведении и развитии обоих фитофагов не обнаружено, тогда как увеличение плотности белокрылки в 1.5 раза (до 25 имаго) привело в дальнейшем к негативному влиянию поврежденных растений на насекомое. Это проявлялось при свободном

выборе фитофага в предпочтении контрольных растений, а также в меньшей численности его личинок на опытных растениях в сравнении с контролем.

Следует отметить, что изучаемый сорт огурца способен к синтезу кукурбитацинов – веществ вторичного обмена из класса тетрациклических тритерпеноидов, что нами было установлено органолептически (по горькому вкусу семядольных листьев). Известно, что накопление кукурбитацинов в растительных тканях огурца может быть ответной реакцией растения на повреждение фитофагами. Показано, что повреждение паутинным клещом проростков в фазе семядольных листьев вызывало в дальнейшем повышение содержания кукурбитацинов в семядольных листовых пластинках и в первом настоящем листе (на 30 и 50% соответственно). При вторичном заселении этих растений вредителем численность паутинного клеща снижалась почти в 2 раза в сравнении с растениями, семядольные листья которых фитофагом не были повреждены. У сортов, неспособных к синтезу кукурбитацинов, напротив, повреждение семядольных листьев клещом не влияло на развитие вредителя (Agrawal et al., 1999). Таким образом, можно предположить, что выявленное в настоящем исследовании негативное влияние растений, поврежденных клещом, на вредителей связано с продукцией поврежденными растениями кукурбитацинов и/или других вторичных метаболитов.

Вещества, попадающие в растительные ткани в процессе питания фитофагов и при откладке яиц выполняют в растительном организме сигнальные функции и запускают каскады химических реакций, результатом которых является транскрипция генов, ответственных за синтез защитных соединений (War et al., 2019). В отличие от листогрызущих фитофагов, использующих при питании практически все ткани листа, повреждения членистоногими, обладающими колюще-сосущим ротовым аппаратом, как правило, приурочены к определенным типам растительных тканей. Для белокрылки характерно питание ассимилятами из флоэмы проводящих пучков, тогда как для клеща – потребление содержимого клеток мезофилла листа. Паутинный клещ не разрушает клетки эпидермиса листа, внедряя стилеты между клеток эпидермы или через устьица, питаясь содержимым клеток как губчатой, так и палисадной паренхимы (Bensoussan et al., 2016). Белокрылка, обитая на абаксиальной стороне листовой поверхности, при питании внедряет свои стилеты через эпидермис листа так же интерцеллюлярно (Weber, 1931), формируя в мезофилле листа из затвердевающих выделений слюнных желез чехлик для колющих щетинок. Самка клеща при откладке яиц приклеивает покрытое секреторными выделениями яйцо на поверхность листа, прикрепляя его паутиной. При этом, отсутствие механических повреждений растительной ткани в процессе откладки яиц не исключает химического воздействия. Оранжевая белокрылка при откладке яиц делает яйцекладом отверстие между клетками эпидермиса, которое заполняет клейким секретом из железы на кончике брюшка, и вкалывает яйцо в отверстие стебельком. Длина стебелька составляет около 10% от длины яйца. Секрет, который попадает и в межклетники мезофилла, застывает и прочно удерживает яйцо на абаксиальной стороне листа (Weber, 1931). В данном случае

очевидно как механическое, так и химическое воздействие насекомого на растительные ткани.

Некоторыми авторами выдвинуто предположение, что при повреждении растений паутиным клещом активаторами ответных реакций в растениях являются: фрагменты разрушенной стилетом клеща клетки и их производные под действием ферментов слюнных желез вредителя; секреты слюнных желез фитофага и пр. (Bensoussan et al., 2016). При повреждениях белокрылкой, по нашим представлениям, ответы растения могут вызывать как секреторные выделения для закрепления яйца на поверхности

листа, так и секреты слюнных желез, формирующих в межклетниках мезофилла чехлик колющих щетинок.

Результаты наших исследований позволяют предполагать, что на начальных этапах онтогенеза растений защитные реакции огурца, развивающиеся по салицилатному пути, воздействуют на жизнедеятельность *T. vaporariorum*, но не влияют на *T. urticae*. Реакции, формирующиеся по жасмонатному пути, способны влиять на поведение и развитие как паутинового клеща, так и оранжевой белокрылки.

Библиографический список (References)

- Конарев АВ (2017) Молекулярные аспекты иммунитета растений и их коэволюции с насекомыми. Биосфера 9(1):79–99. <https://doi.org/10.24855/biosfera.v9i1.325>
- Степаньчева ЕА, Петрова МО, Щеникова АВ, Черменская ТД (2007) Влияние насекомых-фитофагов с различным типом питания на индуцированную устойчивость растений томата. *Евроазиатский энтомологический журнал* 6(1):19–24
- Шафикова ТН, Омеличкина ЮВ (2015) Молекулярно-генетические аспекты иммунитета растений к фитопатогенным бактериям и грибам. *Физиология растений* 62(5):611–627. <https://doi.org/10.7868/S0015330315050140>
- Agrawal AA, Gorski PM, Tallamy DW (1999) Polymorphism in plant defense against herbivory: constitutive and induced resistance in *Cucumis sativus*. *J Chem Ecol* 25(10):2285–2304. <https://doi.org/10.1023/A:1020821823794>
- Balkema-Boomstra AG, S. Zijlstra S, Verstappen FWA, Inggamer H et al (2003) Role of cucurbitacin C in resistance to spider mite (*Tetranychus urticae*) in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Chem Ecol* 29:225–234
- Bensoussan N, Santamaria ME, Zhurov V, DiazI et al (2016) Plant-Herbivore Interaction: Dissection of the cellular pattern of *Tetranychus urticae* feeding on the host plant. *Front Plant Sci* 7:1105. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01105>
- Bruin N, Dicke M, Sabelis M (1992) Plants are better protected against spider-mites after exposure to volatiles from infested conspecifics *Experientia* 48:525–529
- Dahl CC, Baldwin IT (2007) Deciphering the Role of Ethylene in Plant-Herbivore Interactions. *J Plant Growth Regul* 26:201–209. <https://doi.org/10.1007/s00344-007-0014-4>
- Darshanee HLC, Ren H, Ahmed N, Zhang Z et al (2017) Volatile-Mediated Attraction of Greenhouse Whitefly *Trialeurodes vaporariorum* to Tomato and Eggplant *Front Plant Sci* 8:1285. <https://doi.org/10.3389/fpls>
- Fürstenberg-Hägg J, Zagrobelny M, Bak S (2013) Plant Defense against Insect Herbivores *Int J Mol Sci* 14:10242–10297. <https://doi.org/10.3390/ijms140510242>
- Godinho DP, Janssen A, Dias T, Cruz C, Magalhães S (2016) Down-regulation of plant defence in a resident spider mite species and its effect upon con- and heterospecifics. *Oecologia* 180(1):161–167. <https://doi.org/10.1007/s00442-015-3434-z>
- Harrison S, Karban R (1986) Behavioral responses of spider mites (*T. urticae*) in induced resistance of cotton plants *Ecol Entomol* 11:181–187. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1986.tb00293.x>
- He J (2016) Regulation of cucumber (*Cucumis sativus*) induced defence against the two spotted spider mite *Tetranychus urticae*. *Doctoral dissertation, Wageningen University*. 212 p.
- Lu J, Li J, Ju H, Liu X, Erb M et al (2014) Contrasting effects of ethylene biosynthesis on induced plant resistance against a chewing and a piercing-sucking herbivore in rice. *Mol Plant* 7(11):1–13. <https://doi.org/10.1093/mp/ssu085>
- Maeda T, Takabayashi J (2001) Production of herbivore-induced plant volatiles and their attractiveness to *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) with changes *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) density on a plant. *Appl Entomol Zool* 36(1):47–52. <https://doi.org/10.1303/aez.2001.47>
- Messelink GJ, Janssen A (2009) Whitefly-induced plant defences in cucumber and their impact on biological control of spider mites. *IOBC/WPRS Bull* 50:63
- Mortazavi N, Fathipour Y, Talebi AA (2017) Interactions between two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* and greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* on strawberry *Syst Appl Acarol* 22(12):2083–2092. <https://doi.org/10.11158/saa.22.12.5>
- Puthoff D, Holzer FM, Perring TM, Walling LL et al (2010) Tomato pathogenesis-related protein genes are expressed in response to *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* biotype B feeding. *J Chem Ecol* 36:1271–1285. <https://doi.org/10.1007/s10886-010-9868-1>
- Thaler JS, Stout MJ, Karban R, Duffey SS (2001) Jasmonate-mediated induced plant resistance affects a community of herbivores. *Ecol Entomol* 26(3):312–324. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2311.2001.00324.x>
- War AR, Taggar GK, Hussain B, Taggar MS et al (2018) Plant defence against herbivory and insect adaptations. *AoB PLANTS* 10: ply037. <https://doi.org/10.1093/aobpla/ply037>
- War AR, Buhroo AA, Hussain B, Ahmad T, Nair RN, Sharma HC (2019) Plant Defense and Insect Adaptation with Reference to Secondary Metabolites In: Merillon J-M, Ramawat KG (eds) *Co-Evolution of Secondary Metabolites*. Switzerland: Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-319-76887-8_60-1
- Weber H (1931) Lebensweise und umweltbeziehung von *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (*Homoptera – Aleurodina*). Erster beitrage zu einer monographie dieser art. *Zeitschrift für morphologie und Ökologie der tiere*. 23:575–753
- Zarate SI, Kempema LA, Walling LL (2007) Silverleaf whitefly induces salicylic acid defenses and suppresses effectual

- jasmonic acid defenses. *Plant Physiol* 143:866–875. <https://doi.org/10.1104/pp.106.090035>
- Zhang PJ, Broekgaarden C, Zheng SJ, Snoeren TA et al (2013) Jasmonate and ethylene signaling mediate whitefly-induced interference with indirect plant defense in *Arabidopsis thaliana*. *New Phytologist* 197 (4):1291–1299. <https://doi.org/10.1111/nph.12106>
- Zhang P, Wei J, Zhao C, Zhang Y et al (2019) Airborne host-plant manipulation by whiteflies via an inducible blend of plant volatiles. *Proc Nat Acad Sci USA* 116 (15):7387–7396. <https://doi.org/10.1073/pnas.1818599116>

Translation of Russian References

- Konarev AV (2017) Molekulyarnyye aspekty immuniteta rasteniy i ikh koevolyutsii s nasekomymi [Molecular aspects of plant immunity and their coevolution with insects] *Biosfera* 9 (1): 79–99 (In Russian) <https://doi.org/10.24855/biosfera.v9i1.325>
- Shafikova TN, Omelichkina YV (2015) Molekulyarno-geneticheskiye aspekty immuniteta rasteniy k fitopatogennym bakteriyam i gribam [Molecular genetic aspects of plant immunity to phytopathogenic bacteria and fungi]. *Fiziologiya rasteniy* 62 (5):611–627 (In Russian) <https://doi.org/10.7868/S0015330315050140>
- Stepanycheva YeA, Petrova MO, Shchenikova AV, Chermenskaya TD (2007) Vliyaniye nasekomykh-fitofagov pri razlichnykh rezhimakh pitaniya na indutsirovannuyu ustoychivost' rasteniy tomata [The effect of phytophagous insects with various types of nutrition on the induced resistance of tomato plants]. *Yevroaziatskiy entomologicheskii zhurnal* 6 (1):19–24 (In Russian)
- Plant Protection News, 2020, 103(4), p. 241–246
- OECD+WoS: 1.06+IY (Entomology) <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-4-14258>

Full-text article

FEATURES OF CONSPECIFIC AND HETEROSPECIFIC INTERACTIONS OF GREENHOUSE WHITEFLY *TRIALEURODES VAPORARIORUM* AND SPIDER MITE *TETRANYCHUS URTICAE* ON CUCUMBER

O.S. Kirillova*, V.A. Razdoburdin

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

**corresponding author, e-mail: ol-yurchenko@yandex.ru*

Plant-mediated interactions between greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and spider mite *Tetranychus urticae* have been studied under laboratory experiments on cucumber. The seedlings have been infested using different herbivores densities, when the first true leaf was fully unfolded. The response of pests to previously damaged plants has been studied. Whitefly and spider mite plant selection in free-choice bioassay, as well as the larvae number of the whitefly daughter generation and the daily spider mite fecundity have been evaluated in the experiment. We have found, that the antixenotic and antibiotic cucumber properties in regard to the herbivorous arthropods, as a result of herbivore-induced plant defense development, depend on herbivore species and intensity of arthropod damage to plants. Damage to plants by whitefly has affected the behavior and development of conspecific individuals only. Damage to plants by spider mites has affected both whitefly and spider mite individuals. Analysis of literature on this issue and the results of our research show a specificity of plant responses to arthropod damage, that can be determined by the specific features of herbivorous species and depend on the nature and intensity of the plant damage.

Keywords: phytophagous insects, population density, behaviour, development, plant damage, herbivore response

Received: 12.03.2020

Accepted: 29.11.2020

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *CYDALIMA PERSPECTALIS* (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) В КРЫМУ

Ю.В. Плугатарь, А.К. Шармагий*, Е.Б. Балыкина

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Ялта

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

Исследованиями в Крыму показано, что и на Южном берегу, и в центральном предгорном районе адвентивный вредитель растений рода *Vixus* – самшитовая огнёвка (*Cydalima perspectalis*), развивается в трёх генерациях. Зимуют гусеницы второго – третьего возрастов, их выход из диапаузы происходит в начале апреля. Определены сроки и продолжительность развития каждой из трех генераций самшитовой огнёвки в условиях Крыма, определена продолжительность жизни имаго, составляющая в среднем около двух недель, причем отдельные особи живут более 20 суток. Половой индекс у имаго варьирует в разных поколениях в зависимости от условий обитания. Так, в центральном предгорном районе в первом поколении соотношение самок и самцов достигает 2:1, а во втором поколении происходит увеличение как доли самцов, так и меланистических особей по сравнению с типично окрашенными бабочками. В каждом из трех поколений самцы вылетали из куколок на 3–5 суток раньше самок. Плодовитость самок-меланистов выше, чем у типично окрашенных. Наблюдалась весенне-летняя диапауза у гусениц II–III возрастов в перезимовавшем, первом и втором поколениях.

Ключевые слова: инвазионный вид, самшитовая огнёвка, фенология, продолжительность жизни, соотношение полов, плодовитость

Поступила в редакцию: 14.05.2020

Принята к печати: 09.11.2020

Введение

В Никитском ботаническом саду (НБС) большое внимание уделяется работам по изучению биологии различных интродуцированных видов и форм декоративных растений в условиях Крыма (Плугатарь и др., 2015). В частности, в дендрологической коллекции арборетума НБС культивируются 3 вида и 6 селекционных садовых форм самшита – растений рода *Vixus* (Magnoliopsida: Vuxaceae), представляющих большой интерес для бордюрных посадок в многочисленных крымских парках в силу неприспособленности к условиям выращивания в засушливом климате полуострова.

В последние годы самшит в Крыму сильно повреждается самшитовой огнёвкой *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) – инвазионным фитофагом восточноазиатского происхождения, попавшим в 2006 г. из Китая в Германию (Kügler, 2008; Koppel, 2008). Вскоре она была обнаружена и во многих других странах Европы: Швейцарии (Billen, 2007; Käppeli, 2008), Нидерландах (Muus et al., 2009), Франции (Feldtrauer et al., 2009), Великобритании (Mitchell, 2009), Бельгии, Хорватии (Koren T et al., 2012), Италии (Griffo et al., 2012; Tantardini et al., 2012; Bella, 2013), Румынии (Oltean et al., 2017), Польше (Bury et al., 2017) и др. В 2012 г. из итальянских питомников преимагинальные стадии развития насекомого были завезены в Сочи на посадочном материале кустовых «бордюрных» форм самшита вечнозелёного *Vixus sempervirens* L. для озеленения строящихся спортивных объектов к грядущим Олимпийским играм (Гниненко и др., 2014, 2016). За несколько последующих лет самшитовая огнёвка широко распространилась не только по курортной полосе Черноморского побережья Кавказа, массово повреждая декоративные посадки *V. sempervirens* и некоторых других интродуцированных видов этого рода, но, что хуже, оккупировала огромные массивы причерноморских девственных лесов, где почти полностью уничтожила охраняемый

в Сочинском национальном парке и Кавказском биосферном заповеднике реликтовый вид самшит колхидский *Vixus colchica* Rojark, занесённый в Красную книгу РФ (Гниненко и др., 2014, 2016, 2018; Карпун и др., 2015).

Первые находки *C. perspectalis* в Крыму, куда вид проник, скорее всего, из соседнего Краснодарского края, относятся к 2015 г. В центральном предгорье (г. Симферополь) самшитовая огнёвка была обнаружена 17 июля 2015 г. на территории Таврической академии (Стрюкова и др., 2015). В восточном Крыму в Карадагском природном заповеднике с начала августа по третью декаду октября 2015 г. отлавливали имаго самшитовой огнёвки на световые ловушки (Будашкин, 2016). На Южном берегу Крыма (ЮБК) в НБС *C. perspectalis* впервые появилась в июне 2015 г. (Трикоз, Халилова, 2016).

В первичном ареале самшитовой огнёвки в Китае зимуют гусеницы II–IV возрастов (Tang, 1993; She, Feng, 2006), а в южных провинциях страны также и имаго (Huang, Li, 2001). В Японии зимняя диапауза наблюдается у гусениц IV–V возрастов (Matsuyama, Shinkaji, 1991). В странах Западной Европы *C. perspectalis* развивается в 2–3 генерациях. Продолжительность одной генерации составляет в среднем около 40 суток, зимуют гусеницы (Kogucinska, Euge, 2011).

На Черноморском побережье Кавказа вредитель имеет от двух до четырёх поколений в зависимости от климатических условий (Гниненко и др., 2014; Аникин, 2015; Карпун и др., 2015; Трохов, Каурова, 2017; Агасьева и др., 2017). Зимуют гусеницы II – III возрастов (Гниненко и др., 2014, Карпун и др., 2015; Агасьева и др., 2017). Обнаруживали также зимующие яйцекладки вредителя (Карпун и др., 2016).

Как установлено недавними исследованиями, в условиях Крыма *C. perspectalis* также развивается поливольтинно и зимует на стадии гусеницы II–III возрастов

(Трикоз, Халилова, 2016; Будашкин, 2016). В предгорном районе полуострова вредитель развивается в трёх генерациях (Стрюкова, 2016).

Ввиду серьёзных законодательных ограничений на использование химических инсектицидов как на озеленительных посадках в санаторно-курортных объектах, так и в различных городских и ландшафтных парках, к 2018 г. численность и вредоносность фитофага в Крыму достигли

критических масштабов, что повлекло местами практически полное уничтожение посадок *B. sempervirens* (рис. 1).

Цель исследования – провести сравнительное изучение особенностей биологии *C. perspectalis* в различных агроклиматических районах Крыма для разработки рациональных экологически обоснованных мер контроля численности фитофага.



Рисунок 1. *Buxus sempervirens*, повреждённый самшитовой огнёвкой, г. Симферополь
Figure 1. *Buxus sempervirens*, damaged by boxwood moth, Simferopol

Материалы и методы

Исследования проведены в 2017–2019 гг. на ЮБК в парковых посадках самшита НБС (г. Ялта, пгт. Никита), пос. Алушка и в центральной предгорной зоне Крыма (г. Симферополь и пгт. Аграрное). Перезимовавших гусениц помещали в инсектарии, расположенные в природных условиях обеих природно-климатических зон. Сроки появления имаго, динамику лёта и количество генераций вредителя определяли одновременно в инсектариях и декоративных посадках самшита в парках. При этом использовали феромоны производства ВНИИ карантина растений (ВНИИКР) и АО «Щёлково Агрохим». Феромонные ловушки типа «Дельта» развешивали непосредственно на кустах самшита. Учёты проводили еженедельно.

Определение половой принадлежности проводили на стадии имаго (Pino Pérez, Pino Pérez, 2014) (рис. 2) и куколки (Злотин, 1989) (рис. 3). Продолжительность жизни имаго и плодовитость определяли, отсаживая самок и самцов

в отдельные садки или стеклянные сосуды объёмом 3 литра, снабжённые «поилками» и ветками самшита, которые предварительно тщательно осматривали для исключения возможности присутствия на них яиц огнёвки. Фиксировали сроки вылета, откладки яиц и гибели имаго. Фактическую плодовитость определяли, подсчитывая яйца на листьях с верхней и нижней стороны под микроскопом МБС-10, а также на стенках сосудов. Потенциальную плодовитость определяли по количеству яиц, обнаруженных при препарировании самок. Самок, не отложивших яйца, вскрывали для определения наличия сперматофоров. За три поколения 2019 г. препарировано 100 самок. При определении соотношения полов учтено около 400 бабочек из инсектариев.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием Microsoft Excel 2010.

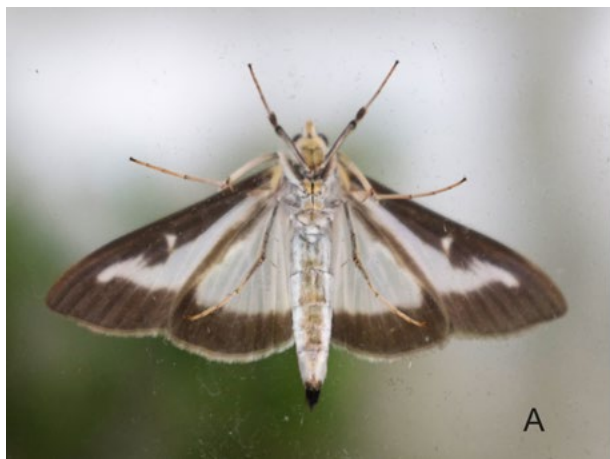


Рисунок 2. Имаго самшитовой огнёвки: А – самец, Б – самка
Figure 2. Boxwood moth's adult: А – male, Б – female

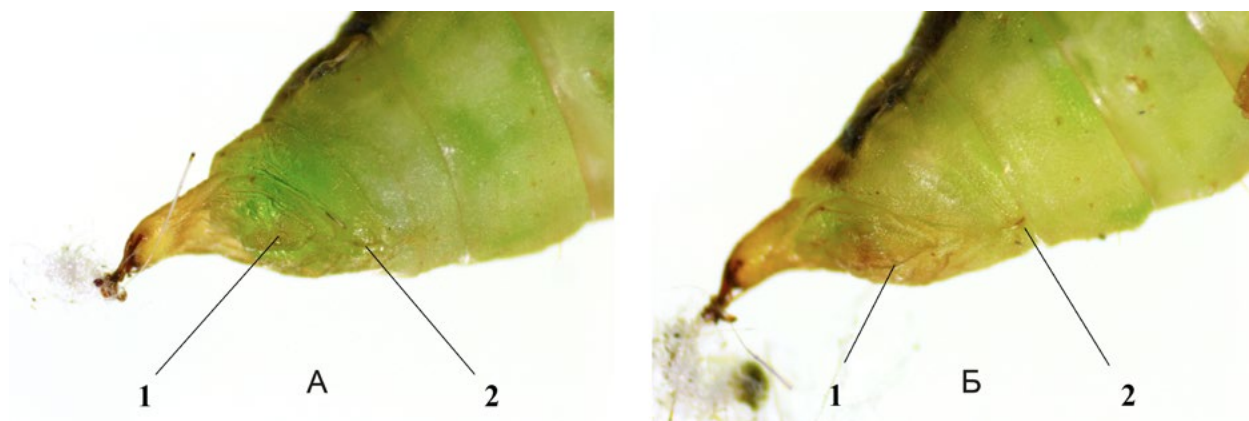


Рисунок 3. Куколки самшитовой огнёвки: А – самец: 1 – анальная щель, 2 – половая щель (IX сегмент);
 Б – самка: 1 – анальная щель, 2 – половая щель (VIII сегмент)
 Figure 3. Pupae of boxwood moth: A – male: 1 – anal cleft, 2 – sexual cleft (IX segment);
 Б – female: 1 – anal cleft, 2 – sexual cleft (VIII segment)

Результаты

Установлено, что в инсектариях, размещённых в природных условиях, продолжительность жизни имаго *C. perspectalis* в среднем составляет около двух недель, хотя отдельные особи живут более 20 суток. Несколько более продолжительная жизнь самцов объясняется ростом

смертности самок после завершения ими откладки яиц (табл. 1). По литературным данным в лабораторных условиях средняя продолжительность жизни имаго составляет 20–25 суток (Нестеренкова и др., 2017).

Таблица 1. Продолжительность жизни имаго *Cydalima perspectalis*, Крым, 2019 г.
 Table 1. Age of life of imago *Cydalima perspectalis*. Crimea, 2019

Продолжительность жизни, сутки		Южный берег (Никитский ботанический сад)			Центральное предгорье (г. Симферополь)		
		генерации			генерации		
		перезимовавшая	первая	вторая	перезимовавшая	первая	вторая
Самцы	средняя	14±1.4	15.1±0.8	19.2±2.1	14±1.5	13.8±0.6	13±0.5
	максимальная	17	20	27	17	21	19
	минимальная	8	10	15	12	8	6
Самки	средняя	13.2±0.8	12.3±0.7	13.7±1.3	12.6±0.5	10.7±0.5	13.4±0.6
	максимальная	16	18	15	14	17	21
	минимальная	10	7	10	11	7	7

В инсектариях после встречи полов спаривание (рис. 4) происходит у одних особей в первый же день, у других – на вторые, третьи и даже на десятые сутки жизни. Откладка яиц начинается на вторые сутки после спаривания. Длительность периода яйцекладки – 5–6 суток. Максимальное количество яиц самки откладывают на третьи–пятые сутки. Судя по количеству сперматофоров,

спаривание происходит однократно. Из 100 проанализированных самок только у одной было обнаружено два сперматофора. Для исследования возможной полигамии самшитовой огнёвки в садках размещали одного самца с пятью – семью самками. По результатам вскрытия самок на предмет наличия сперматофора выявлено, что самцы в течение жизни спариваются не более чем с тремя самками.

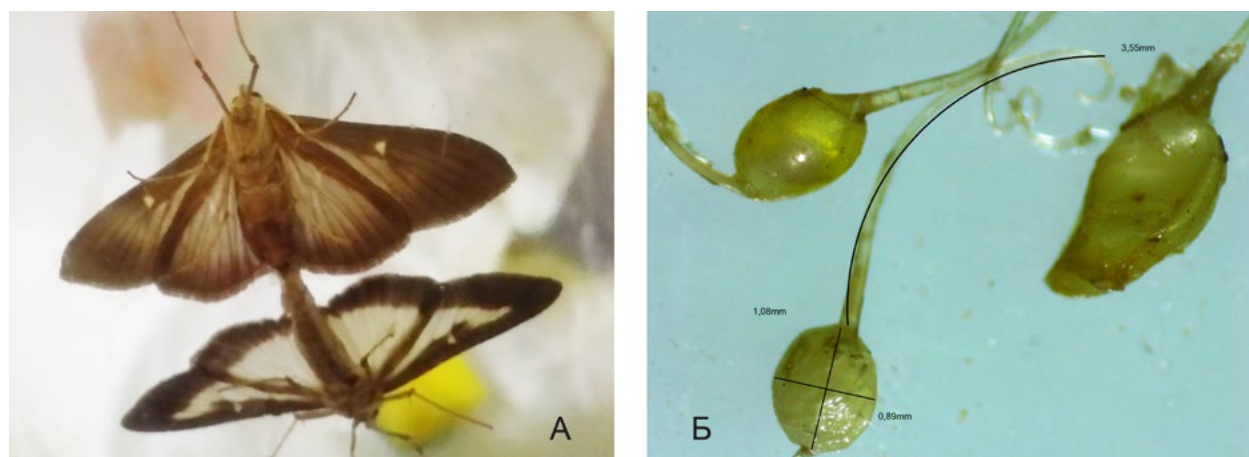


Рисунок 4. *Cydalima perspectalis*: А - спаривание; Б – сперматофоры
 Figure 4. *Cydalima perspectalis*: А – copulation; Б – spermatophores

По литературным данным, самки *C. perspectalis* откладывают по 250–280 яиц (Агасьева и др., 2016). В лабораторных условиях фактическая плодовитость составила в среднем 210–220 яиц, максимально – 267 яиц (Нестеренкова и др., 2017).

При содержании пар имаго *C. perspectalis* раздельно выявлена значительная вариабельность плодовитости. Самки-меланисты отличаются более высокой плодовитостью по сравнению с типично окрашенными особями (табл. 2). Так, на ЮБК у одной такой самки была зафиксирована максимальная плодовитость 547 яиц, а в предгорной зоне – 444.

Число яиц в кладках варьировало от 4 до 32, при этом 65% яиц было отложено на нижней стороне листьев, 35% – на верхней.

Имаго *C. perspectalis* второго поколения (третьей волны лёта в сезоне) как на ЮБК, так и в предгорной зоне характеризовались пониженной плодовитостью (табл. 2), что могло быть обусловлено недостатком корма для гусениц в условиях массового размножения вредителя в обоих районах Крыма. При этом в первой и второй волнах лёта (перезимовавшем и первом поколениях) в сезоне потенциальная плодовитость практически не отличалась от фактической, а в третьей волне (втором поколении) – более, чем вдвое превышала фактическую.

Таблица 2. Плодовитость *Cydalima perspectalis*, Крым, 2019 г.
Table 2. Reproduction capability of *Cydalima perspectalis*, Crimea, 2019

Фактическая плодовитость		Южный берег			Центральное предгорье		
		генерации			генерации		
		перезимовавшая	первая	вторая	перезимовавшая	первая	вторая
Самки типично окрашенные	средняя	288±20.9	162.3±24.1	146±31.3	216.6±12.5	262.3±14.6	95.7±28.6
	минимальная	233	126	122	164	207	44
	максимальная	365	208	208	263	354	241
Самки меланисты	средняя	391±116.1			-	341±40	110±68.1
	минимальная	165	317*	274 *	-	250	73
	максимальная	547			-	444	242
Гибель эмбрионов, %		28.2	24.6	-	25.9	15.5	17.1

* – показатели, полученные на единичных самках

В 2018 г. во втором поколении *perspectalis* в предгорной зоне количество яиц с погибшими эмбрионами (без повреждения хориона) составило 28.3%. Предположительно гибель была обусловлена высокими дневными температурами (в среднем 35.4°C) и низкой относительной влажностью воздуха (от 33 до 49%).

В 2019 г. максимальный показатель гибели в яйцекладках был отмечен в первом поколении на ЮБК – 28.2%, а в предгорье – 25.9% (табл. 2).

Соотношение полов в популяции определяет её качественное состояние. Так, снижение доли самок может свидетельствовать об ухудшении условий развития популяции. На ЮБК в перезимовавшем поколении 2019 г. соотношение полов у имаго было резко сминуто в сторону самцов (77%), что может указывать на воздействие неблагоприятных факторов на гусениц во время их перезимовки. В последующих поколениях соотношение полов становится близким к ожидаемому 1 : 1 (табл. 3). В то же время остаётся пока непонятным, почему в центральном предгорном районе мы не видим после перезимовки столь сильного преобладания самцов; здесь их всего на 10% больше, чем самок (на 55 самцов 45 самок). Зато в этой зоне в первом поколении происходит сильный сдвиг в сторону преобладания самок (67%), а во втором вновь

численно начинают лидировать самцы (60%) и, кроме того, возрастает относительная численность особей меланистов по сравнению с типично окрашенными бабочками. Увеличение доли самцов, как и снижение плодовитости самок во втором поколении, вероятно, обусловлены массовым размножением *C. perspectalis* в первом поколении и дефицитом корма для гусениц, возникшим вследствие предшествующей массовой дефолиации. А увеличение бабочек-меланистов, отличающихся более высокой плодовитостью, является, вероятно, компенсаторной реакцией на осеннее ухудшение погодных факторов.

Таким образом, можно констатировать, что у самшитовой огнёвки изменения в соотношении полов разнонаправленно меняются в разных поколениях в зависимости от условий. Поскольку снижение доли самок, вероятно, имеет периодический характер, то мы не видим оснований (по крайней мере, пока) прогнозировать желаемое скорое вхождение *C. perspectalis* в фазу устойчивого спада численности после 5 лет пребывания на полуострове.

Заслуживающим внимания является отмечаемое нами в течение двух лет явление протандрии: самцы в каждом из трёх поколений массово вылетали на 3–5 суток раньше самок.

Таблица 3. Соотношение полов и изменчивость окраски *Cydalima perspectalis*, Крым, 2019 г.
Table 3. Sex ratio and the variability in color of *Cydalima perspectalis*, Crimea, 2019

Соотношение полов и доля меланистических особей	Южный берег			Центральное предгорье		
	генерации			генерации		
	перезимовавшая	первая	вторая	перезимовавшая	первая	вторая
Соотношение полов ♀ : ♂	1:3.4	1:1.1	1:1.3	1:1.2	2:1	1:1.5
Самцы-меланисты, %	13.3	18.1	17.5	0	0	29.5
Самки-меланисты, %	11.1	21.5	11.5	27.3	18.2	28.6
Меланисты, % от всей популяции	12.8	19.8	14.9	12.0	12.1	29.2

Как мы уже отмечали выше, *C. perspectalis* – поливоль-тинный вид, развивающийся как на ЮБК, так и в центральном предгорном районе Крыма в трех генерациях. В природных условиях поколения накладываются одно на другое, в связи с чем одновременно нередко присутствуют все стадии развития вредителя (табл. 4).

Как было сказано выше, зимовка самшитовой огнёвки в Крыму происходит на фазе гусеницы II – III возрастов. Их выход из диапаузы на полуострове зафиксирован в начале апреля при среднесуточных температурах воздуха 10.0°C и дневных максимальных температурах 25.3°C. Зимой 2017–2018 гг. размер диапаузирующих гусениц варьировал от 3 до 11 мм, но преобладали более мелкие, не успевшие перед похолоданием напитаться, гусеницы второго возраста (86%). В начале апреля при сумме эффективных температур 16.2°C (выше +10°C) из диапаузы

вышло уже 50.9% особей, остальные гусеницы выходили из диапаузы позднее.

В 2019 г. перезимовавших гусениц наблюдали на протяжении семи декад с апреля до начала июня. В конце первой декады июня окуклились последние перезимовавшие гусеницы (табл.4). По всей видимости, это обусловлено асинхронной линькой гусениц и повторными кратковременными уходами в состояние покоя при ухудшении условий для развития. В последующем в лабораторных условиях установлено, что гусеницы, отродившиеся из одной яйцекладки почти одновременно, линяют в разные сроки. Часть гусениц (40%) долго не линяла, продолжая развитие в первом возрасте, тогда как остальные успевали за этот же период времени перелинять дважды, достигнув третьего возраста.

Таблица 4. Фенологический календарь развития *Cydalima perspectalis*, Южный берег Крыма, пгт. Никита, 2019 гг.
Table 4. Phenological calendar of development of *Cydalima perspectalis*, Southern Coast of the Crimea, Nikita village, 2019

III III	Месяцы, декады																				
	IV			V			VI			VII			VIII			IX			X		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
©	–	–	–	0	0	0	0	0													
						+	+	+	+	+											
						°	°	°	°	°											
							–	–	–	–			–	–							
										0			0	0							
													+	+	+						
														°	°						
														–	–						
																0	0				
																+	+	+	+	+	
																°	°	°	°	°	
																–	–	–	–	–	
																					©

Условные обозначения: + – имаго; ° – яйцо; – – гусеница; © – зимующая гусеница; 0 – куколка.

Явление летней диапаузы у гусениц *C. perspectalis* младших возрастов (L_2 – L_3), возникающей при неблагоприятных условиях, описано в литературе (Нестеренкова и др., 2016; Карпун и др., 2019). В 2019 г. нами наблюдалась весенне-летняя диапауза у гусениц II – III возрастов как на ЮБК, так и в предгорной зоне, в перезимовавшем, первом и втором поколениях.

Лёт имаго перезимовавшего поколения в 2018 г. на ЮБК в условиях более тёплого субтропического климата начался на 15 суток раньше, чем в центральном предгорном районе при сумме эффективных температур 295.3°(выше +10°C).

В 2019 г. лёт бабочек перезимовавшего поколения и на ЮБК, и в центральном предгорье продолжался с третьей

декады мая до начала июля. Сроки лёта имаго первого поколения в 2019 г. проходили с заметной разницей начала вылета: на ЮБК с 11 июля по 30 августа, а в центральном предгорном районе – с 24 июля по 27 августа. Бабочки второго поколения на ЮБК летали с 5 сентября по первую декаду октября, в предгорье – с 31 августа до середины октября, а в 2019 г. единичные бабочки в предгорье отмечались даже до начала ноября.

Наши наблюдения показали, что продолжительность развития яиц при среднесуточных температурах от 22.7°C до 25.2°C составляла 3 суток, гусениц — от 19 до 29 суток. Куколки перезимовавшего поколения развивались 20–22 суток, первого поколения — 10–15 суток, второго поколения 14 суток.

Обсуждение

Продолжительность жизни имаго *C. perspectalis* в природных условиях Крыма совпадает с уже известными по литературным данным показателями в лабораторной культуре (Нестеренкова и др., 2017) и составляет в среднем около двух недель, при этом единичные особи могут жить более 20 суток. Средняя плодовитость самок также незначительно отличается от результатов, полученных другими авторами (Агасьева и др., 2016; Нестеренкова и др., 2017), однако при изучении плодовитости индивидуально у

каждой пары выявлена значительная вариабельность. При этом самки-меланисты оказались более плодовиты (максимально 547 яиц).

Соотношение полов у самшитовой огнёвки варьировало в ряду поколений и зависело, возможно, от кормовой базы. Однако, поскольку снижение доли самок в некоторых поколениях носило периодический характер, то пока мы не видим оснований прогнозировать вхождение

C. perspectalis в фазу спада численности после 5 лет пребывания на полуострове.

Исследования показали, что в Крыму продолжительность каждой из трёх генераций составляет 40–50 суток. Период встречаемости гусениц на растениях обусловлен не только растянутым выходом из зимней диапаузы, но и асинхронной линькой гусениц, отродившихся из одной яйцекладки (что наблюдалось в каждом поколении), а также уходом в диапаузу при неблагоприятных условиях.

У самшитовой огневки отмечается перекрытие поколений, и в природе можно одновременно встретить все

Благодарности. За предоставленные феромонные ловушки и консультации по вопросам мониторинга самшитовой огневки авторы выражают большую признательность заведующему лабораторией испытания и применения феромонов ВНИИКР В.Л. Пономарёву и начальнику методического отдела Крымского филиала ВНИИКР Н.М. Стрюковой.

Библиографический список (References)

- Агасьева ИС, Исмаилов ВЯ, Федоренко ЕВ, Нефёдова МВ (2017) Биологический контроль самшитовой огневки. *Защита и карантин растений* 8:21–23
- Аникин ВВ (2015) О встрече самшитовой огневки - *Glyphodes perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera, Crambidae) на территории Абхазии и России в 2012–2014 годы. *Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье* 12:103–104
- Будашкин ЮИ (2016) Самшитовая огневка – *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera, Pyraustidae) – новый для фауны Украины и Крыма вид опасного вредителя лесного и паркового хозяйств. *Экосистемы* 5(35):36–39
- Гниненко ЮИ, Ширяева НВ, Щуров ВИ (2014) Самшитовая огневка – новый инвазивный организм в лесах российского Кавказа. *Карантин растений. Наука и практика* 1(7):32–39
- Гниненко ЮИ, Пономарёв ВЛ, Нестеренкова АЭ, Сергеева ЮА, Ширяева НВ и др. (2018) Самшитовая огневка *Neoglyphodes perspectalis* Walker – новый опасный вредитель самшита на юге европейской части России. Пушкино: ВНИИЛМ. 36 с.
- Гниненко ЮИ, Сергеева ЮА, Ширяева НВ, Лянгузов МЕ (2016) Самшитовая огневка – опасный инвазивный вредитель самшита. *Лесохозяйственная информация* 3:25–35
- Ескин НБ, Бибин АР (2014) Очаг самшитовой огневки в тисо-самшитовой роще. *Кавказ заповедный* 8(124):7
- Злотин АЗ (1989) Техническая энтомология. Справочное пособие. Киев: Наукова думка. 183 с.
- Карпун НН, Игнатова ЕА (2014) Самшитовая огневка - инвазия на Черноморское побережье России. *Защита и карантин растений* 6:41–42
- Карпун НН, Игнатова ЕА, Журавлёва ЕН (2015) Новые виды вредителей декоративных древесных растений во влажных субтропиках Краснодарского края. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии* 211:189–203
- Карпун НН, Игнатова ЕА, Журавлёва ЕН (2016) Разработка комплексной биологической защиты самшита от самшитовой огневки. Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике» 1:97–98
- Карпун НН, Пономарёв ВЛ, Нестеренкова АЭ, Проценко ВЕ (2019) Основные факторы, влияющие на численность популяции самшитовой огневки на Черноморском побережье России. Материалы Второй Всероссийской конференции с международным участием «Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике.» 2:87–88
- Карпун НН, Айба ЛЯ, Журавлёва ЕН, Игнатова ЕА, Шинкуба НШ (2015) Руководство по определению новых видов вредителей декоративных древесных растений на Черноморском побережье Кавказа. Сочи – Сухум: ВНИИЦиСК. 78 с.
- Нестеренкова АЭ, Пономарёв ВЛ (2016) Особенности биологии самшитовой огневки в условиях Черноморского побережья РФ и в лабораторной культуре. Материалы международной конференции «IX Чтения памяти О.А. Катаева. Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах» 73–74
- Нестеренкова АЭ, Пономарёв ВЛ, Карпун НН (2017) Особенности развития самшитовой огневки *Cydalima perspectalis* Walker в лабораторной культуре. *Лесной вестник* 21(3):61–69
- Опанасенко НЕ, Костенко ИВ, Евтушенко АП (2014) Об агроэкологическом районировании степного и предгорного Крыма под плодовые культуры на современном этапе. *Сборник научных трудов ГНБС* 139:169–178
- Плугатарь ЮВ, Коба ВП, Герасемчук ВН, Папельбу ВВ (2015) Динамика состава и биоэкологическая характеристика дендрологической коллекции Никитского ботанического сада. *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук* 5:25–29
- Стрюкова НМ (2016) Аборигенные и инвазивные членистоногие и их естественные враги в парках республики Крым. *Сборник научных трудов ГНБС* 142:186–193
- Трикоз НН, Халилова ЗЭ (2016) Самшитовая огневка в Никитском ботаническом саду. *Сборник научных трудов ГНБС* 142:69–75
- Трохов ЕС, Каурова ЗГ (2014) Самшитовая огневка – инвазионный вид-паразит самшитовых рощ. URL: [http://sibac.info/archive/nature/8-9\(22\).pdf](http://sibac.info/archive/nature/8-9(22).pdf) (20.10.2020)
- Bella S. (2013) The box tree moth *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) continues to spread in southern Europe: New records for Italy (Lepidoptera: Pyraloidea: Crambidae). *Redia* 46:51–55
- Billen W. (2007) *Diaphania perspectalis* (Lepidoptera: Pyralidae) – a new moth in Europe *Mitteilungen Entomologischen Gesellschaft* 57(2/4):135–137

- Bury J, Olbrycht T, Mazur K, Babula P, Czudec P (2017) First records of the invasive box tree moth *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) in south-eastern Poland. *Fragmenta Faunistica* 60 (2):101–106
- Feldtrauer JF, Feldtrauer JJ, Brua C (2009) Premiers signalements en France de la Pyrale du Buis *Diaphania perspectalis* (Walker, 1859), espèce exotique envahissante s'attaquant aux buis (Lepidoptera, Crambidae). *Bull Soc Entomole Mulhouse* 65:55–58
- Griffo R, Cesaroni C, Desantis M (2012) Organismi nocivi introdotti in Italia nell'ultimo trienni. *Informatore Agrario* 68:61–63
- Huang J, Li T (2001) Biological characteristics and control methods of *Diaphania perspectalis* (Walker). *Guangxi Plant Protection* 14:10–11 (in Chinese)
- Inoue H (1982) Pyralidae In: Inoue H, Sugi S, Kuroko H, Moriuti S, Kawabe A (Eds) Moths of Japan, 2. Tokyo: Kodansha, 223–254 (In Japanese)
- Käppeli F (2008) Der Buchsbaumzünsler – Im Eiltempo durch Basler Gärten. g'plus *Die Gärtner-Fachzeitschrift (Zürich)* 20:33
- Koren T, Črne M (2012) The first record of the box tree moth, *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera, Crambidae) in Croatia. *Nat Croat* (21)2:507–510
- Korycinska A, Eyre D (2011) Box tree caterpillar, *Cydalima perspectalis*. Plant Pest and Disease Factsheets, York: FERA. 4 p.
- Krüger E.O. (2008) *Glyphodes perspectalis* (Walker, 1859) – neu für die Fauna Europas (Lepidoptera: Crambidae). *Entomologische Zeitschrift* 118(2):81–83
- Maruyama T, Shinkaji N (1991) The life-cycle of the box-tree pyralid, *Glyphodes perspectalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae). II. Developmental characteristics of larvae. *Jap J Appl Entomol Zool* 35(3):221–230
- Mitchell A. (2009) Boxworm moth *Diaphania perspectalis* (Walk.) – a new pyralid moth to Britain and Ireland. *Atropos* 36:17–18
- Muus TST, van Haften EJ, van Deventer LJ (2009) The buxusmot *Palpita perspectalis* (Walker) in Nederland (Lepidoptera: Crambidae). *Entomol Berichten* 69:66–67
- Oltean I, Hulusjan I, Hulusjan I, Varga M, Tötös Ş, Florian T (2017) *Cydalima Perspectalis* Walker (Lepidoptera, Crambidae) a New Dangerous Pest Report on *Buxus Sempervirens* in Cluj Area. *Bulletin USAMV ser Agric* 74(1):26–36. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-agr:12655>
- Pino Pérez JJ, Pino Pérez R (2014) Segunda cita de *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera, Crambidae) para Galicia (NO España). *Boletín BIGA* 14:47–50
- Tantardini A, Cavagna B, Maspero M (2012) Una nuova introduzione, Pyralide del bosso. *Acer* 4:56–57
- She DS, Feng FJ (2006) Bionomics and control of *Diaphania perspectalis* (Walker). *J Zhejiang Forest Sci Tech* 26:47–51
- Tang MY (1993) Determination of biological characteristics, starting point of development and effective accumulated temperature of box tree caterpillar and their implications for control. *Entomology Knowledge* 30:350–353 (in Chinese)

Translation of Russian References

- Agasieva IS, Ismailov VY, Fedorenko EV, Nefedova MV (2017) [Biological control of the boxwood moth]. *Zashchita i karantin rasteniy* 8:21–23 (In Russian)
- Anikin VV (2015) [About the meeting of the boxwood moth - *Glyphodes perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera, Crambidae) on the territory of Abkhazia and Russia in 2012–2014]. *Entomologicheskoye i parazitologicheskoye issledovaniya v Povolzhye* 12:103–104 (In Russian)
- Budashkin YuI (2016) [Boxwood moth - *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera, Pyraustidae) - a new species of dangerous pest of forest and park plantations for the fauna of Ukraine and the Crimea]. *Ekosistemy* 5(35):36–39 (In Russian)
- Gninenko YuI, Shiryayeva NV, Shchurov VI (2014) [Boxwood moth – a new invasive organism in the forests of the Russian Caucasus]. *Karantin rasteniy. Nauka I praktika* 1(7):32–39 (In Russian)
- Gninenko YuI, Ponomarev VL, Nesterenkova AE, Sergeeva YuA, Shiryayeva NV and others (2018) [The boxwood moth *Neoglyphodes perspectalis* Walker is a new dangerous pest of the boxwood in the south of the European part of Russia]. Pushkino: VNIILM. 36 p. (In Russian)
- Gninenko YuI, Sergeeva YuA, Shiryayeva NV, Lianguzov ME (2016) [Boxwood moth is a dangerous invasive pest of boxwood]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya* 3:25–35 (In Russian)
- Eskin NB, Bibin AR (2014) [Hearth of boxwood moth in the yew-boxwood grove]. *Kavkaz zapovednyy* 8(124):7 (In Russian)
- Zlotin AZ (1989) Technical entomology. Reference book. Kiev: Naukova Dumka 183 p. (In Russian)
- Karpun NN, Ignatova EA (2014) [Boxwood moth – invasion on the Black sea coast of Russia]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 6:41–42 (In Russian)
- Karpun NN, Ignatova EA, Zhuravleva EN (2015) [New types of pests of decorative woody plants in the humid subtropics of the Krasnodar territory]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy gosuderstvennoy lesotekhnicheskoy akademii* 211:189–203 (In Russian)
- Karpun NN, Ignatova EA, Zhuravleva EN (2016) [Development of complex biological protection of boxwood from boxwood firewood]. *Materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Monitoring i biologicheskie metody kontrolya vreditel'nykh i patogenov drevesnykh rasteniy: ot teorii k praktike»* [Monitoring and biological methods of control of pests and pathogens of woody plants: from theory to practice. Proc. All-Russ. Conf. Internat. Particip.]. 1:97–98 (In Russian)
- Karpun NN, Ponomarev VL, Nesterenkova AE, Protsenko VE (2019) [Main factors affecting the population of boxwood moth on the Black sea coast of Russia]. *Materialy Vtoroy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Monitoring i biologicheskie metody kontrolya vreditel'nykh i patogenov drevesnykh rasteniy: ot teorii k praktike»* [Monitoring and biological methods of control of pests and pathogens of woody plants: from theory to practice. Proc. 2nd All-Russ. Conf. Internat. Particip.]. 2:87–88 (In Russian)
- Karpun NN, AIBA LYa, Zhuravleva EN, Ignatova EA, Shinkuba NSh (2015) [Guidelines for the identification of new pests of ornamental woody plants on the Black Sea

- coast of the Caucasus]. Sochi – Sukhum: VNIITSiSK 78 p. (In Russian)
- Nesterenkova AE, Ponomarev VL (2016) [Features of biology of boxwood moths in the conditions of the Black Sea coast of the Russian Federation and in laboratory culture]. Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «IX Chteniya pamyati O.A.Kataeva. Dendrobiontnye bespozvonochnye zhivotnye i griby i ikh rol v lesnykh ekosistemakh» [Proc. Internat. Conf. «IX readings in memory of O. A. Kataev. Dendrobiinae invertebrates and fungi and their role in forest ecosystems»] 73–74 (In Russian)
- Nesterenkova AE, Ponomarev VL, Karpun NN (2017) [Features of development of the boxwood moth *Cydalima perspectalis* Walker in laboratory culture]. *Lesnoy vestnik* 21(3):61–69 (In Russian)
- Opanasenko NE., Kostenko IV, Yevtushenko AP (2014) [About agroecological zoning of the steppe and foothill Crimea for fruit crops at the present time]. *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*. 139:169–178 (In Russian)
- Plugatar YuV., Koba VP, Gerasimchuk VN, Papelbu VV (2015) [Dynamics of the composition and bioecological characteristics of the collection of the Arboretum of the Nikitsky Botanical Gardens]. *Doklady Rossiyskoy akademii selskokhozyaystvennykh nauk*. 5:25–29 (In Russian)
- Strukova NM (2016) [Native and invasive arthropods and their natural enemies in parks of the Republic of Crimea]. *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*. 142:186–193 (In Russian)
- Trikoz NN, Khalilova ZE (2016) [Boxwood moth in the Nikitsky Botanical Gardens]. *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*. 142: 69–75 (In Russian)
- Trokhov ES, Kaurova ZG (2014) [Boxwood moth – invasive form of the parasite tree groves]. URL: [http://sibac.info/archive/nature/8-9\(22\).pdf](http://sibac.info/archive/nature/8-9(22).pdf) (20.10.2020) (In Russian)
- Plant Protection News, 2020, 103(4), p. 247–254

OECD+WoS: 1.06+IY (Entomology)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-4-13348>

BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF *CYDALIMA PERSPECTALIS* (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) IN CRIMEA

Yu. V. Plugatar, A. K. Sharmagiy*, E. B. Balykina

The Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Center of the RAS,

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

The studies in Crimea have shown that an adventive pest of plants of genus *Buxus*, the boxwood firewood *Cydalima perspectalis*, develops in three generations on the Southern Coast and in the central foothill region. Larvae of the second and third instars hibernate; their emergence from diapause occurs in early April. The terms and duration of development of each of three generations of boxwood firewood are determined for Crimea. The lifespan of adult has been determined, its average duration is about two weeks, while some individuals live for more than 20 days. The sex ratio varies in different generations depending on the conditions. Thus, in the central foothill region, in the first generation the female:male ratio reaches 2:1, and in the second generation the proportion of males increases, as well as the proportion of melanistic individuals. In each of three generations, males emerge from pupae 3–5 days earlier than females. The fecundity and reproduction capability of melanistic females is higher than that of typically colored ones. Spring-summer diapause was observed in caterpillars of II-III instars in overwintered, first and second generations.

Keywords: invasive species, boxwood moth, phenology, life span, sex ratio, fecundity

Received: 14.05.2020

Accepted: 09.11.2020

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ ПРОВОЛОЧНИКОВ И ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ИМИ КЛУБНЕЙ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВЛАГИ

С.Р. Фасулати*, О.В. Иванова

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

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

Наиболее массовыми вредителями клубней картофеля в Северо-Западном регионе РФ среди проволочников являются личинки щелкуна посевного полосатого *Agriotes lineatus* (Coleoptera, Elateridae). В засушливых условиях 2019 года высокая степень поврежденности ими клубней картофеля отмечена только в июле. При длительном дефиците осадков наиболее вероятны периодические кратковременные контакты проволочников с источниками пищи и воды в сухой почве и обратные миграции личинок в более глубокие и влажные почвенные горизонты. В таких условиях личинки могут быть не обнаружены при смене приманок и пробных копках, несмотря на наличие поврежденных клубней. Соответственно, определение численности проволочников перед посадкой картофеля стандартным методом «пробных площадок» может дать необъективные результаты в условиях сухой весны. В таких случаях следует проводить весь комплекс рекомендованных профилактических мероприятий, независимо от результатов весенних учётов численности вредителей. Показано, что личинки *A. lineatus* проявляют пищевую избирательность к клубням разных сортов картофеля в течение всего периода вегетации, начиная с момента их высадки. По результатам многократной полевой оценки в 2015–2019 гг. выделены устойчивые сорта Алый Парус, Лига, Наяда, Сиреневый Туман; по предварительным данным 2019 года – также сорта Рэд Фэнтази, Гала, Гусар, Манифест, Рубин и некоторые другие.

Ключевые слова: картофель, сорт, жуки-щелкуны, личинки, проволочники, поврежденность, почва, влажность

Поступила в редакцию: 10.03.2020

Принята к печати: 31.10.2020

Введение

Одной из наиболее экономически значимых групп многоядных фитофагов считаются личинки жуков семейства щелкунов (Coleoptera, Elateridae), известные как «проволочники». По современным представлениям, это во многом уникальная группа насекомых-вредителей, имеющих разнообразные, видоспецифичные жизненные циклы, поведение и реакции на применяемые средства защиты растений (Vernon, van Herk, 2013). По различным оценкам, насчитывается не менее 100 голарктических видов щелкунов, личинки которых серьёзно повреждают подземные органы большинства основных сельскохозяйственных культур всего мира, включая пшеницу, ячмень, овёс, кукурузу, однако предпочитают овощные (сахарная свёкла, сахарный тростник, батат), некоторые ягодные культуры (земляника) и картофель (Jansson, Seal, 1994; Parker, Howard, 2001; Vernon et al., 2003; Vernon, van Herk, 2013). Указывается, что клубни картофеля способны повреждать личинки 39 видов щелкунов, принадлежащих к 21 роду семейства Elateridae, в том числе в Северо-Западном регионе России – 8 видов (Волгарёв, 2005; Сухорученко и др., 2016; Jansson, Seal, 1994). Отмечается, что в фауне щелкунов Европы наибольшее экономическое значение имеют виды рода *Agriotes* sp., из которых для большинства стран чаще других вредоносных видов упоминается щелкун посевной полосатый *A. lineatus* L. (Toth et al, 2003).

В литературе к 60–70-м годам XX в. накоплена обширная информация по биологии, экологии и вредоносности личинок щелкунов. Многие ценные сведения принадлежат отечественным исследователям, включая первые сообщения о различиях реакций проволочников на клубни разных сортов картофеля, и обобщены в русскоязычных

монографиях и справочниках (Черепанов, 1957, 1965; Бобинская и др., 1965; Крыжановский, 1974). Тем не менее, после середины XX в., главным образом вследствие широкого применения хлорорганических инсектицидов, которое обеспечило длительное снижение численности и вредоносности этих насекомых до минимума, проволочников в большинстве стран мира стали считать второстепенными вредителями, и интерес к их изучению резко упал до конца столетия (Radcliffe et al, 1991; Jansson, Seal, 1994; Parker, Howard, 2001; Vernon, van Herk, 2013).

Внимание исследователей к проволочникам вновь возросло на рубеже XX–XXI веков в связи с повсеместным новым нарастанием их численности и активности, в том числе во многих регионах России (Сухорученко и др., 2016; Parker, Howard, 2001; Noronha, 2011), однако признаётся, что к этому времени уровень знаний об этих своеобразных почвообитающих вредителях безнадежно отстал от потребностей агропроизводства. В настоящее время эта группа фитофагов остаётся недостаточно изученной в целом ряде аспектов (Vernon, van Herk, 2013). Таковы вопросы видовой диагностики личинок вредоносных видов щелкунов и влияния комплекса абиотических и биотических факторов среды на продолжительность их жизненного цикла, на сезонную динамику миграционной активности и пищевое поведение у разных вредоносных видов. Показано, что для разработки эффективных стратегий защиты растений важна идентификация видов проволочников, однако определение видов щелкунов по личинкам весьма затруднено с помощью как традиционных морфологических, (Черепанов, 1965; Becker, 1991), так и молекулярно-генетических методов (Staudacher et

al., 2011). В результате в Европе до настоящего времени точная видовая принадлежность личинок определена, например, только у 8 из 20 видов щелкунов рода *Agriotes* sp. (Klausnitzer, 1994), а в Северной Америке – не более чем у 10% вредоносных видов (Vernon, van Herk, 2013).

Хорошо известно, что почти все виды щелкунов имеют многолетнюю генерацию – от 2 до 11 лет (у вредоносных видов фауны России – от 3 до 5 лет). Продолжительность развития личинок и количество личиночных возрастов (от 3 до 12) у особей того или иного рода и вида значительно варьирует в зависимости не только от климата местности и гидротермического режима конкретных лет, но и от доступности пищи. Личинки щелкунов традиционно считаются гигрофильными насекомыми, избегающими солнечного света и сухой почвы, поскольку их покровы, несмотря на твёрдость, не препятствуют испарению воды из организма. В то же время среди вредоносных проволочников встречаются и ксерофильные виды, предпочитающие только сухие почвы – например, личинки щелкунов рода *Ctenicera* sp. (Vernon, van Herk, 2013). При недостатке или избытке влаги в почве проволочники (с учётом видовой принадлежности) совершают активные вертикальные миграции в почвенные горизонты с более благоприятными условиями, где они длительное время способны сохранять жизнеспособность без корма и избегать гибели от высыхания или переувлажнения тканей тела (Черепанов, 1957; Крыжановский, 1974; Vernon, van Herk, 2013).

Материалы и методы

Изучение пищевых адаптаций проволочников проводили в 2009–2019 годах на опытных полях Всероссийского научно-исследовательского института защиты растений (Санкт-Петербург, г. Пушкин) и его филиала «Тосненская опытная станция защиты растений» (ТОСЗР) в с. Ушаки Тосненского района Ленинградской области. Для этого ежегодно использовали не менее 20 сортов картофеля, преимущественно из числа возделываемых и перспективных для Северо-Западного региона России и различающихся по морфо-биологическим характеристикам. Опытные посадки сортов создавали на поле ВИЗР в виде 4-рядных делянок по 24 куста; на ТОСЗР – в виде коллекционного участка по 6–12 кустов каждого сорта и увеличенных массивов 3–10 сортов по 100–300 м². В опытах 2019 года изучали 54 сорта картофеля; из них на ТОСЗР – 24 сорта.

В осенний период проводили сравнительный анализ повреждённости личинками клубней всех изучаемых сортов по собственной методике, определяя следующие биологические показатели: 1) доля (%) повреждённых клубней; 2) общее количество червоточин (входных отверстий) в пробе; 3) среднее количество червоточин на 1 повреждённый клубень без учёта неповреждённых (Иванова, Фасулати, 2016; Фасулати, Иванова, 2019). Сорта ранжировали по каждому показателю в порядке возрастания их абсолютных значений и сравнивали методом «суммы рангов», ранее разработанным ВИЗР для выделения устойчивых образцов – имеющих наиболее низкие абсолютные значения показателей численности вредителей и степени повреждённости ими органов растений. Этот метод предусматривает определение среднего ранга устойчивости для каждого сорта и средневзвешенного индекса устойчивости (I) для всей группы оцениваемых образцов, который

Такая специфика абиотических адаптаций проволочников резко отличает их от других экологических групп и видов насекомых-вредителей, жизненный цикл которых частично протекает в почве – например, от колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae), у которого развивающиеся куколки и диапаузирующие имаго в условиях длительного избыточного увлажнения почвы погибают в ней от физиологического удушья (Фасулати, Иванова, 2018). Отмеченное в середине XX века проявление личинками пищевой избирательности в отношении клубней различных сортов картофеля (Бобинская и др., 1965) позволяет выявлять устойчивые к этим вредителям сорта (Иванова, Фасулати, 2016; Фасулати, Иванова, 2019; Olsson, Jonasson, 1995; Kwon et al, 1999; Suszkiw, 2011). Признаётся роль таких сортов как важного компонента защитных стратегий, особенно в органическом земледелии (Parker, Howard, 2001; Vernon, van Herk, 2013), однако механизмы устойчивости форм картофеля к проволочникам остаются слабо изученными.

Ввиду недостаточной изученности влияния комплекса абиотических факторов на детерминацию миграционной активности и пищевого поведения проволочников с учётом видов, зон обитания щелкунов и их кормовых растений, задачи наших исследований с 2019 года дополнены изучением сезонной динамики пищевой активности личинок щелкуна посевного полосатого *A. lineatus* в условиях Северо-Западного региона России.

всегда равен полусумме первого и последнего номеров. Вычисление величины среднеквадратического отклонения (σ) индекса I позволяет выделить область средних значений рангов устойчивости сортов ($I \pm 2/3 \sigma$), которая при нормальном распределении включает 50% всех вариантов, и соответственно – границы градаций уровня устойчивости испытываемых сортов (Шапири и др., 1980; Иванова, Фасулати, 2016).

В 2019 г. исследования дополнены проведением на полях ТОСЗР мониторинга активности и пищевого поведения личинок *A. lineatus* в сезонной динамике в течение всего периода от предпосадочной подготовки почвы до окончания уборки урожая. Для этого в период с мая по июль использовали пищевые приманки, которые заменяли 5 раз. Приманки готовили по образцу методики корейских исследователей, применяемой ими при оценке численности проволочников на полях непосредственно перед посадкой картофеля (Kwon e.a., 1999). Однако мы видоизменили упомянутую методику тем, что не разрезали клубни картофеля на части и помещали их не в твёрдые открытые ёмкости, а заворачивали по 3–5 штук в сетчатый материал разного цвета. Это позволило использовать в опыте одновременно 4 сорта картофеля, в различной степени предпочитаемые проволочниками: Невский и Удача – сильно повреждаемые; Гусар и Ломоносовский – менее повреждаемые. Приманки закапывали на глубину 10–12 см в 5-кратной повторности в постоянных точках на двух полях ТОСЗР: 1) экологический стационар с луговым разнотравьем на опушке леса; 2) посев озимой ржи рядом с опытной посадкой картофеля; предшественник – белокачанная капуста. Далее в августе-сентябре провели 3 пробные копки формирующихся клубней выборочно с 4 кустов

каждого из 7 сортов картофеля, высаженных массивами по 100–200 м². При механизированной уборке урожая этих сортов отбирали пробы по 30 клубней в 4 точках-повторностях, выбранных равномерно по длине массивов; всего по 120 клубней каждого сорта. Также отмечали количество личинок III-IV возрастов, найденных на клубнях и вблизи кустов при уборке изучаемых сортов картофеля на

мелкоделяночных опытных посадках в ВИЗР и на ТОСЗР, а в 2019 г.– также при смене приманок и проведении пробных копок.

Все клубни из приманок и отобранных проб со всех сортов картофеля во все сроки их взятия были проанализированы по 3 показателям поврежденности, названным выше.

Результаты

Вегетационный период 2019 г. отличался не типичными для климата Ленинградской области и всего Северо-Запада РФ засушливыми условиями с суммой осадков летних месяцев в 2.7 раза ниже климатической нормы и меньшей, чем в предшествовавшем 2018 г. (табл. 1, 2). В связи с этим мониторинг сезонной динамики активности личинок щелкуна посевного полосатого *A. lineatus*, доля которых, по нашим данным, составляет 85–100% всех проволочников на полях ВИЗР и ТОСЗР (Фасулати, Иванова, 2019), проведён в условиях дефицита влаги в почве. По данным анализа биоматериала приманок и пробных копок на полях ТОСЗР, в 2019 г. общая высокая доля поврежденных клубней (40–76% от общего количества) отмечена только в июле с последующим резким спадом до 1–3% в августе-сентябре (табл. 1). При этом живые личинки щелкунов полностью отсутствовали на клубнях и в почве возле них во время непосредственных наблюдений

как во все сроки проведения замены приманок и пробных копок с 15.05 по 4.09.2019 г. (табл. 1), так и при ручной уборке коллекционного участка на ТОСЗР 24.09.2019 г., когда был проанализирован значительный объём биоматериала: 2130 клубней с 288 кустов всех 24 сортов (табл. 2). Сравнение результатов трёх лет исследований показывает, что в годы с различными суммами осадков и, соответственно, с различным увлажнением почвы имеют место выраженные несоответствия между степенью поврежденности клубней и частотой встречаемости личинок щелкуна *A. lineatus* в пахотном слое почвы, что иллюстрируют данные 2017 и 2018 гг. (табл. 2).

В то же время в условиях 2019 г., как и ранее в различных условиях полевых и лабораторных опытов (Иванова, Фасулати, 2016; Фасулати, Иванова, 2019; Фасулати, Иванова, Жуковская, 2019), личинки щелкунов проявляли различные реакции на клубни разных сортов картофеля,

Таблица 1. Сезонная динамика активности личинок щелкунов по показателю процента поврежденных клубней картофеля на полях Тосненского филиала ВИЗР, 2019 г.

Table 1. A seasonal dynamics of the click beetles larvae activity for the criteria of percent damaged potato tubers on the Tosno fields of VIZR, 2019

Анализируемый биоматериал	Доля поврежденных клубней по датам учетов, % (среднее ± ошибка)										
	15.05	20.06	04.07	12.07	24.07	07.08	21.08	04.09	24.09		
Клубни урожая 2018 г. в пищевых приманках без учёта сортов	4.2 ± 2.0	4.2 ± 1.7	40.0 ± 2.8	76.0 ± 8.5	74.0 ± 1.4						
Магочные клубни в пробных копках – среднее по 7 сортам						18.9 ± 8.4					
Клубни 2019 г. в пробных копках и при уборке – среднее по 7 сортам						1.1 ± 1.0	2.6 ± 1.2	2.7 ± 1.2	3.2 ± 0.9		
Клубни 2019 г. на коллекционном участке (24 сорта) при уборке									5.0 ± 0.8		
Агрометеорологические условия вегетационного периода 2019 г.											
Месяцы	Май		Июнь			Июль			Август		
Декады	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Средняя температура, °С: 2019 г.	13.6	13.7	19.4	16.9	17.6	14.0	15.3	18.4	14.8	17.6	17.2
Климатическая норма	11.1	12.3	14.3	15.7	16.6	17.3	17.8	17.9	17.2	16.0	14.4
Сумма осадков, мм: 2019 г.	7.1	15.5	3.8	0.5	4.7	15.4	27.7	1.5	11.7	4.3	0.5
Климатическая норма	12.2	14.7	13.8	17.0	24.5	22.1	21.2	22.7	24.2	20.4	24.8

Таблица 2. Сравнительная поврежденность клубней картофеля личинками щелкуна *A. lineatus* и встречаемость личинок III-IV возрастов в почве в зонах гнёзд клубней при уборке урожая на полях Тосненского филиала ВИЗР в 2017–2019 гг.

Table 2. A comparative damaging of the potato tubers by the larvae of the click beetle *A. lineatus* and the detection of the its larvae in the soil near the tubers in the harvesting time on the Tosno fields of VIZR in 2017–2019

Год	Сумма осадков за июнь – август, мм	Выборка биоматериала: сортов / кустов / клубней	Найдено личинок при копках проб клубней:		Доля поврежденных клубней, % ± ошибка:	
			всего	в среднем на 1 пробу *	средняя без учёта сортов	пределы значений для разных сортов
2017	216.7	6 / 72 / 360	42	1.75 ± 0.37	35.6 ± 2.1	30.0 ... 45.0
2018	100.3	4 / 51 / 439	15	0.88 ± 0.32	38.7 ± 8.2	16.7 ... 55.8
2019	70.1	24 / 288 / 2130	0	0	5.0 ± 0.8	0.0 ... 17.2
Климат. норма = 190.7			* Проба – копка 3 кустов; средние данные без учёта сортов			

включая опыт с пищевыми приманками (таблица 3). В приманках личинки из 4 предлагавшихся им сортов избирали клубни только сортов Удача и Невский, которые в полевых опытах разных лет, на разных типах почвы и при различном гидротермическом режиме характеризовались в основном как сильно повреждаемые. Такие различия проявились и в 2019 г., несмотря на пониженный общий уровень повреждённости клубней на полях ТОСЗР и ВИЗР. Так, на поле ТОСЗР при средней доле

повреждённых клубней на момент уборки урожая на коллекционном участке в 5.0% значения этого показателя для 24 сортов колебались в пределах от 0 до 17.2% (табл. 1); на поле ВИЗР при средней доле повреждённых клубней в 7.3% - соответственно для 54 сортов от 0 до 23.3%. В обоих вариантах оценки выделены 3 группы сортов – со слабой, средней и сильной степенью повреждённости и соответствующими градациями устойчивости (табл. 4).

Таблица 3. Различия в предпочтении проволочниками клубней сортов картофеля, использованных в приманках на полях Тосненского филиала ВИЗР в 2019 г.
Table 3. The differences in preference by the wireworms of the tubers of potato varieties which was used in the baits on the Tosno fields of VIZR in 2019

Сорт картофеля	Всего клубней в 5 пробах	% повреждённых клубней				Среднее ± ошибка
		Учёт 15.05.2019 г.		Учёт 20.06.2019 г.		
		Поле № 1*	Поле № 15**	Поле № 1	Поле № 15	
Гусар	15	0	0	0	0	0.0 а
Ломоносовский	15	0	0	0	0	0.0 а
Удача	15	13.3	13.3	6.7	6.7	10.0 ± 1.65 б
Невский	15	0	6.7	6.7	13.3	6.7 ± 2.35 б

а, б – разными буквенными символами отмечены статистически достоверные различия в столбце (между сортами) при $p < 0.01$;

* – посев озимой ржи, смежный с посадкой картофеля в 2019 г., предшественник – капуста;

** – экологический стационар с луговой растительностью.

Таблица 4. Устойчивость сортов картофеля к личинкам щелкунов по данным оценки на двух опытных полях ВИЗР в 2019 г.
Table 4. The resistance of the potato varieties to the click beetles larvae according the evaluance data on the two experimental fields of VIZR in 2019

Градации устойчивости сортов по критерию доли повреждённых клубней	Пределы значений доли повреждённых клубней, %	Сорта картофеля * :
А. Опытное поле ВИЗР		
Слабая повреждённость – устойчивые сорта:	0.0 ... 3.1	Наяда, Алый Парус, Лига , Ред Фэнтази, Сиреневый Туман, Гусар, Гала, Мираж, Манифест, Рубин, Дельфине, Нандина, Эльдорадо, Дамарис, Феррари, Балтик Роуз, Кристель, Розара
Средняя повреждённость:	3.2 ... 11.4	Ред Скарлетт, Ломоносовский , Елизавета, Ладожский, Эволюшен, Лабадиа
Сильная повреждённость – неустойчивые сорта:	11.5 ... 23.3	Невский, Удача, Майский Цветок, Королева Анна , Аврора, Гармония, Чародей, Рябинушка, Бриз, Мадейра, Пароли
Среднее ± ошибка ($X \pm s$): 7.3 ± 0.83		
Область средних значений ($X \pm 2/3 \sigma$) и её пределы при оценке 54 сортов: 7.3 ± 4.1		
Б. Опытное поле Тосненского филиала ВИЗР		
Слабая повреждённость – устойчивые сорта:	0.0 ... 2.2	Наяда, Алый Парус, Лига , Елизавета, Лабадиа, Эстрелла, Инара, Аксения
Средняя повреждённость:	2.3 ... 7.7	Ред Скарлетт, Ломоносовский , Чародей, Гала
Сильная повреждённость – неустойчивые сорта:	7.8 ... 17.2	Невский, Удача, Майский Цветок, Королева Анна , Восторг, Эволюшен
Среднее ± ошибка ($X \pm s$): 5.0 ± 0.82		
Область средних значений ($X \pm 2/3 \sigma$) и её пределы при оценке 24 сортов: 5.0 ± 2.7		

* Выделены названия сортов с совпадением результатов оценки на обоих полях.

Обсуждение

Отмеченные в период вегетации картофеля 2019 г. в Ленинградской области факты высокой степени повреждённости клубней картофеля личинками щелкунов (преимущественно посевного полосатого) в течение июля, и весьма незначительная доля повреждённых ими клубней как в мае-июне, так и в августе-сентябре (табл.1) могут свидетельствовать о следующем. Учитывая, что дефицит осадков и низкая влажность верхнего горизонта почвы в

мае-июне имели место при температурах выше климатических норм, представляется вероятным, что миграционная и пищевая активность перезимовавших личинок III-IV возрастов в таких условиях резко возросли не столько по мере весеннего прогрева почвы на глубине их залегания, сколько по мере обострения их потребности в пище и восстановлении водного баланса организма. На это указывают: 1) многократное возрастание доли повреждённых

клубней картофеля в пищевых приманках при учётах с 4 по 24 июля по сравнению с двумя первыми учётами (15 мая и 20 июня) на обоих полях размещения приманок; 2) значительная доля повреждённых маточных клубней, сохранившихся к моменту проведения первых пробных копков формирующихся клубней нового урожая (табл. 1).

Отсутствие живых личинок в пахотном слое почвы во время проведения любых её раскопок (смена приманок, пробные копки клубней, ручная уборка урожая) указывает на кратковременность контактов личинок с источниками пищи и доступной воды, после чего следовала незамедлительная обратная миграция личинок в более глубокие и влажные почвенные горизонты во избежание гибели от высыхания тканей тела. Вполне вероятно, что в течение июля такие вертикальные миграции личинок в обе стороны были многократными, однако они имели место в редкие дождливые дни и в ночные часы, т.е. не в фактическое время проведения копков. Наблюдавшееся с начала августа 2019 г. резкое снижение степени повреждённости проволочниками формирующихся клубней нового урожая по сравнению с клубнями в приманках и маточными клубнями (табл. 1) могло быть обусловлено прекращением питания личинок IV возраста в связи с подготовкой к окукливанию в типичные для них сроки в сочетании со спецификой влияния на личинок более младших возрастов продолжающихся засушливых условий, что согласуется с данными других авторов, полученными в разных регионах (Черепанов, 1957; Крыжановский, 1974; Vernon, van Herk, 2013).

Выявленные на примере *A. lineatus* несоответствия между высокой степенью повреждённости клубней картофеля проволочниками и различной частотой встречаемости личинок в пахотном слое почвы в те или иные годы и сроки наблюдений (табл. 1, 2) требуют уточнения отдельных методических рекомендаций. Так, проводимое весной в местах планируемых посадок картофеля определение численности проволочников методом «пробных площадок», который предусматривает разовый отбор и просеивание почвенных проб (Волгарёв, 2005; Kwon et al, 1999), может дать необъективные результаты в условиях сухой весны, особенно после малоснежной зимы. Вероятное в таких случаях отсутствие живых личинок в пробах верхнего слоя почвы не будет означать, что их здесь нет, поскольку они могут находиться в более глубоких и влажных почвенных горизонтах. В таких случаях, независимо от результата анализа проб, перед посадкой картофеля целесообразно выполнение всего комплекса профилактических и защитных мероприятий, включая предпосадочную обработку семенных клубней и борозд рекомендованными препаратами (Сухорученко и др., 2016).

Заключение

В условиях дефицита влаги личинки щелкунов могут быть не обнаружены в пахотном слое почвы при проведении учётов их численности стандартными методами копки клубней или отбора почвенных проб вследствие миграции в более увлажнённые нижние горизонты почвы. Учитывая эту особенность жизнедеятельности вредителя в условиях сухой весны, независимо от результата анализа проб почвы, перед посадкой картофеля целесообразно проводить весь комплекс мероприятий, предусмотренных системой интегрированной защиты картофеля.

С другой стороны, ранее полученные (Фасулати, Иванова, 2019) и новые результаты изучения экологии и сезонной динамики активности личинок щелкунов позволяют заключить, что для их обитания не являются оптимальными условиями как низкая влажность почвы в засушливые сезоны (пример – 2019 год), так и её длительное избыточное увлажнение (пример – 2017 год). В связи с этим личинок вредоносных для картофеля видов щелкунов – в частности, щелкуна посевного полосатого *A. lineatus* – более объективно следует относить не к гигрофильным, а к мезофильным насекомым.

В то же время результаты многолетнего изучения пищевой специализации проволочников при различных сочетаниях абиотических условий, дополненные данными 2019 г., не только подтверждают роль качества корма, включая сортовые особенности картофеля, в детерминации пищевого поведения проволочников (Иванова, Фасулати, 2016; Фасулати, Иванова, 2019; Kwon et al, 1999), но и указывают на преобладающее значение этих факторов. Проявление личинками *A. lineatus* в весенний период избирательности в отношении клубней разных сортов в пищевых приманках (табл. 3) свидетельствует, что вредоносность проволочников на посадках картофеля различных сортов может различаться в течение всего периода их вегетации, начиная с высадки семенных клубней, а не только в период формирования урожая. Результаты полевых опытов 2019 г. (табл. 4) показывают возможность проведения полевого скрининга слабо повреждаемых проволочниками сортов на фоне не только высокого, как в период 2015–2018 гг. но и низкого уровня естественного фона заселения полей вредителями.

Нами были изучены более 50 сортов картофеля преимущественно из числа возделываемых и перспективных для выращивания на Северо-Западе России. Из изученных нами сортов такие сорта картофеля, как Наяда, Алый Парус и Лига могут быть отнесены к устойчивым образцам, а сорта Невский, Аврора, Удача и Майский Цветок – к неустойчивым, как многократно подтвердившие соответственно ту или иную характеристику при различных условиях полевой оценки. Из числа сортов, которые в 2019 г. изучались впервые, представляются наиболее перспективными Рэд Фэнтази (отмечено полное отсутствие повреждений его клубней личинками щелкунов и гусеницами подгрызающих совок), Балтик Роуз, Гала, Гусар, Дамарис, Кристель, Манифест, Рубин, Нандина, Феррари, Эльдorado. С другой стороны, клубни сортов Королева Анна, Бриз, Гармония, Пароли и некоторых других представляются одними из наиболее аттрактивных для личинок щелкунов.

В связи с тем, что по нашим наблюдениям 2017–2019 годов для личинок щелкунов, повреждающих клубни картофеля (в Северо-Западном регионе это преимущественно *A. lineatus*), неблагоприятны условия как дефицита влаги, так и длительного избыточного увлажнения почвы в дождливые годы, их более объективно следует относить не к гигрофильным, а к мезофильным насекомым.

Данные многолетних исследований свидетельствуют о значении качества корма, включая сортовые особенности картофеля, как об основном факторе детерминации

пищевого поведения личинок щелкунов при различных абиотических условиях. Различия в выборе ими клубней разных сортов в пищевых приманках в весенний период показывают, что вредоносность проволочников может различаться на посадках картофеля разных сортов в течение всего периода их вегетации с момента высадки семенных клубней. Полевой скрининг слабо повреждаемых

проволочниками сортов возможен как при высоком, так и при низком уровне естественного фона заселения полей вредителями. По данным многократной полевой оценки сорта картофеля Наяда, Алый парус и Лига могут быть отнесены к устойчивым образцам, а сорта Невский, Аврора, Удача и Майский цветок – к неустойчивым.

Библиографический список (References)

- Бобинская СГ, Григорьева ТГ, Персин СА (1965) Проволочники и меры борьбы с ними. Л.: Колос. 223 с.
- Волгарёв СА (2005) Эколого-токсикологическое обоснование использования новых инсектицидов против проволочников в агроценозе картофеля в Северо-Западном регионе Российской Федерации. *Автореф. дисс. ... к.б.н.* СПб. 19 с.
- Иванова ОВ, Фасулати СР (2016) Многоядные вредители паслёновых культур и устойчивость сортов картофеля к проволочникам. *Защита картофеля* 1:29–34
- Крыжановский ОЛ (ред.) (1974) Насекомые и клещи – вредители сельскохозяйственных культур. Том II Жёсткокрылые. Л.: Наука. 336 с.
- Сухорученко ГИ, Иванова ГП, Волгарёв СА, Вилкова НА и др. (2016) Система интегрированной защиты репродукционного семенного картофеля от комплекса вредных организмов в Северо-Западном регионе Российской Федерации. СПб.: ВИЗР, ИЦЗР. 64 с.
- Фасулати СР, Иванова ОВ (2018) Роль абиотических факторов в ограничении распространения колорадского жука на Северо-Западе России. *Вестник защиты растений* 4(98):27–30. [http://doi.org/10.31993/2308-6459-2018-4\(98\)-27-30](http://doi.org/10.31993/2308-6459-2018-4(98)-27-30)
- Фасулати СР, Иванова ОВ (2019) Сравнительная повреждаемость сортов картофеля личинками жуков-щелкунов в различных агроэкологических условиях. *Вестник защиты растений* 2(100):33–40. [http://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-2\(100\)-33-40](http://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-2(100)-33-40)
- Фасулати СР, Иванова ОВ, Жуковская МИ (2019) Атрактивность клубней различных сортов картофеля для личинок щелкуна полосатого *Agriotes lineatus* L. (Coleoptera, Elateridae). *Журнал эволюционной биохимии и физиологии* 55(3):223–225. <http://doi.org/10.1134/S0044452919030057>
- Черепанов АИ (1957) Жуки-щелкуны Западной Сибири. Новосибирск: АН СССР, Западно-Сибирский филиал. 382 с.
- Черепанов АИ (1965) Проволочники Западной Сибири. М.: Наука, 1965. 190 с.
- Шапиро ИД (отв.ред.) (1980) Методические рекомендации по оценке устойчивости картофеля и кукурузы к главным вредителям. Л.: ВИЗР. 120 с.
- Becker EC (1991) Elateridae (Elateridae). In: Stehr FW (ed) *Immature Insects*. Kendal/Hunt: Dubuque IA. 409–410
- Jansson RK, Seal DR (1994) Biology and management of wireworm on potato. In GW Zehnder, ML Powelson, RK Jansson, KV Raman (eds) *Advances in Potato Pest Biology and Management*. St. Paul: Amer Phytopathol Soc Press, MN: 31–53
- Klausnitzer B (1994) Familie Elateridae. In B Klausnitzer (ed) *Die Larven der Kafer Mitteleuropas: Myxophaga/Polyphaga*, Vol.2. Gustav Fisher Verlag, Jena, Germany:118–189
- Kwon M, Hahm YI, Shin KY, Ahn YJ. (1999) Evaluation of various potato cultivars for Resistance to wireworms (Coleoptera: Elateridae). *Amer J Potato Res* 76(5):317–319
- Noronha C (2011) Crop rotation as a management tool for wireworm in potatoes. *IOBC/WPRS Bull* 66:467–471
- Olsson K, Jonasson T (1995) Genotypic differences in susceptibility to wireworm attack in potato: mechanisms and implications for plant breeding. *Plant Breeding* 114:66–69
- Parker WE, Howard JJ (2001) The biology and management of wireworms (*Agriotes* spp.) on potato with particular reference to the UK. *Agric Forest Entomol* (3):85–98
- Radcliffe EB, Flanders KL, Ragsdale DW, Noetzel DM (1991) Pest management systems for potato insects. In CRC Handbook of Pest Management in Agriculture, III. Boka Ration, FL: CRC Press:587–621
- Staudacher K, Pitterl P, Furlan L, Cate PC, Traugott M (2011) PCR-based species identification of *Agriotes* larvae. *Bull Entomol Res* 101:201–210
- Suszkiv J (2011) New potatoes with stand destructive wireworms. *Agric Res* 59:22
- Toth M, Furlan L, Yatsynin VG Ujvary I, Szarukan I, Imrei Z, Tolasch T, Francke W, Jossi W (2003) Identification of pheromones and optimization of bait composition for click beetle pests (Coleoptera, Elateridae) in Central and Western Europe. *Pest Manag Sci* 59:417–425
- Vernon RS, Kabaluk T, Behringer A (2003) Aggregation of *Agriotes obscurus* (Coleoptera, Elateridae) at cereal bait stations in the field. *Can Entomol* 135:379–389
- Vernon RS, van Herk WG (2013) Wireworms as pests of potato. In Giordanengo Ph, Vincent Ch, Alyokhin A (eds) *Insect pests of potato: global perspectives on biology and management* V. Amsterdam...- Tokyo: Academic Press, Elsevier. 103–164

Translation of Russian References

- Bobinskaya SG, Grigorjeva TG, Persin SA (1965) The wireworms and the fight measures against them. Leningrad: Kolos. 223 p. (In Russian)
- Volgarev SA (2005) *Ekologo-toksikologicheskoe obosnovanie ispolzovaniya novykh insektitsidov protiv provolochnikov v agrotsenoze kartofelya v Severo-Zapadnom regione Rossiyskoi Federatsii* [The ecotoxicological basis of using the new insecticides against the wireworms in potato agroecosystem in the Northwestern Region of the Russian Federation]. *Abstr. Cand. Biol. Thesis*. St. Petersburg: 19 p. (In Russian)
- Ivanova OV, Fasulati SR (2016) [The polyphagous pests of solanaceous crops and the resistance of potato varieties to wireworms]. *Zashchita kartofelya* 1:29–34. (In Russian)

- Kryzhanovskiy OL (ed.) (1974) The insects and mites as the pests of agricultural crops. Vol II Coleoptera. Leningrad: Nauka. 336 p. (In Russian)
- Sukhoruchenko GI, Ivanova GP, Volgarev SA, Vilkova NA, Fasulati SR, Ivanova OV et al. (2016) The system of the integrated protection of the reproductive seed potato plantations from a complex of pest organisms. St. Petersburg: VIZR, ICZR. 64 p. (In Russian)
- Fasulati SR, Ivanova OV (2018) [Role of environmental abiotic factors in limiting the Colorado potato beetle distribution in Northwestern Russia]. *Vestnik zashchity rasteniy* 4:27–30. (In Russian)
- Fasulati SR, Ivanova OV (2019) [The comparative damage of potato varieties by the click beetles larvae in different agroecological conditions]. *Vestnik zashchity rasteniy* 2:33–40. (In Russian)
- Fasulati SR, Ivanova OV, Zhukovskaya MI (2019) [The attractiveness of different potato varieties tubers for the larvae of the click beetle *Agriotes lineatus* L. (Coleoptera, Elateridae)]. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology* 55(3):223–225. (In Russian)
- Cherepanov AI (1957) The click beetles of the Western Siberia. Novosibirsk: AN SSSR, Zapadno-Sibirskiy filial. 382 p. (In Russian)
- Cherepanov AI (1965) The wireworms of the Western Siberia. Moscow: Nauka. 190 p. (In Russian)
- Shapiro ID (ed.) (1980) The methodical recommendations for the evaluation of the potato and maize resistance to the major pests. Leningrad: VIZR. 138 p. (In Russian)

Plant Protection News, 2020, 103(4), p. 255–261

OECD+WoS: 1.06+IY (Entomology)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-4-13957>

Full-text article

THE SEASONAL DYNAMICS OF WIREWORM ACTIVITY AND DAMAGE OF THE DIFFERENT POTATO VARIETIES IN THE NORTHWEST OF RUSSIA UNDER CONDITION OF WATER DEFICIENCY

S.R. Fasulati*, O.V. Ivanova

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

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

The dominant pests of potato tubers in the Northwestern Region of Russia among the wireworms are the larvae of the click beetle *Agriotes lineatus* (Coleoptera, Elateridae). Under arid conditions of 2019, the high level of potato tubers damage by wireworms has been recorded in July only. Over dry seasons a short-time contacts of wireworm larvae with food and water sources in the dry soil and their migrations to the deeper and more humid levels are most possible. Under such conditions, the larvae could not be observed during the attractive baits changing or the dig-upping of potato samples, despite the damaged tubers presence. Thus, in case of dry spring the evaluation of the wireworm population density before the potato planting using the standard method of “sample plots” could give the biased results. In this case, it is necessary to undertake the entire complex of preventive measures independently from the results of pest number evaluations over the spring season. It has been shown that the larvae of *A. lineatus* developed the food preferences for the tubers of different potato varieties during entire vegetative period starting from the potato planting. As a result of the numerous field evaluations over 2015–2019 the resistant varieties Alyi Parus, Liga, Nayada, Sirenevyy Tuman has been distinguished. Preliminary data of the 2019 have shown that the varieties Red Fantasy, Gala, Gusar, Manifest, Rubin and others are also resistant to wireworms.

Keywords: potato, variety, click beetles, larvae, wireworms, damage, soil, humidity

Received: 10.03.2020

Accepted: 31.10.2020

УСТОЙЧИВОСТЬ ОБРАЗЦОВ ЯЧМЕНЯ ИЗ ЭФИОПИИ К КАРЛИКОВОЙ РЖАВЧИНЕ

Р.А. Абдуллаев*, Б.А. Баташева, Е.Е. Радченко

Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург

* ответственный за переписку, e-mail: abdullaev.1988@list.ru

В настоящее время актуальна проблема расширения разнообразия возделываемых сортов ячменя по эффективным генам устойчивости к возбудителю карликовой ржавчины *Puccinia hordei*. В 2018–2019 гг. оценили устойчивость 925 образцов ячменя из Эфиопии к северо-западной (Санкт-Петербург, Пушкин) популяции патогена. Образцы высевали в поздние сроки, что способствовало сильному поражению растений. Устойчивость оценивали в период колошения и в фазу молочной спелости зерна с помощью балловой шкалы. Результаты экспериментов свидетельствуют о невысоком разнообразии ячменей Эфиопии по изученному признаку. Лишь 4 образца обладали устойчивостью к *P. hordei*, причем 3 селекционные линии (к-30810, к-30811 и к-30812) защищены идентифицированным ранее геном *Rph7*, эффективность которого в последние годы снижается. Высоким уровнем устойчивости к патогену (отсутствие симптомов поражения) обладает образец к-21919, который может быть рекомендован для использования в селекции ячменя.

Ключевые слова: *Hordeum vulgare*, *Puccinia hordei*, гены устойчивости, селекция растений

Поступила в редакцию: 15.07.2020

Принята к печати: 20.10.2020

Введение

Карликовая ржавчина (возбудитель – *Puccinia hordei* G.H. Otth.) проявляется обычно к началу молочной спелости ячменя *Hordeum vulgare* L. в виде ржавых пустул на нижней стороне листовой пластинки, в ряде случаев наблюдается поражение верхней стороны листьев, влагалищ листьев и даже остей. Патоген наиболее распространен в регионах возделывания культуры с умеренным климатом. Снижение урожая восприимчивых сортов может достигать до 62% (Park et al., 2015).

В настоящее время известно 27 главных генов устойчивости к карликовой ржавчине (*Rph1* – *Rph27*) (Rothwell et al., 2020), локализованных во всех хромосомах ячменя. Идентифицированные гены контролируют ювенильную устойчивость, за исключением *Rph20*, *Rph23* и *Rph24*, которые обуславливают устойчивость взрослых растений (Hickey et al., 2011; Singh et al., 2015; Ziems et al., 2017). Помимо главных генов, у ячменя идентифицированы и малые гены (quantitative trait loci – QTL), которые могут контролировать достаточно высокий уровень устойчивости к грибу (Ziems et al., 2014).

Лишь немногие главные гены устойчивости использовались при селекции коммерческих сортов: в Европе – *Rph2*, *Rph3*, *Rph4*, *Rph7*, *Rph12* (Dreiseitl, Steffenson., 2000), в США – *Rph2*, *Rph6* и *Rph7* (Steffenson et al., 1993). Большинство идентифицированных генов, кроме *Rph7* и *Rph16*, были преодолены в Европе вирулентными патотипами гриба (Fetch et al., 1998), а затем появились сообщения и об утрате эффективности наиболее популярного в селекции гена *Rph7* (Shtaya et al., 2006). Ранее (Хохлова, 1982) считалось, что в СССР эффективны гены устойчивости к карликовой ржавчине *Rph3*, *Rph7* и, отчасти, *Rph9*. Впоследствии была показана высокая эффективность в

России лишь гена *Rph7* (Tyryshkin, 2009), однако в наших экспериментах на северо-западе России (С.-Петербург, Пушкин) уже в 2012 г. на образце к-18687 Sebada Сара, несущем ген устойчивости *Rph7*, были отмечены симптомы поражения *P. hordei*, что свидетельствует о появлении в популяции гриба вирулентных клонов (Абдуллаев, 2015).

Литературные сведения демонстрируют настоятельную необходимость поиска новых доноров устойчивости ячменя к возбудителю карликовой ржавчины. Один из возможных источников расширения разнообразия *H. vulgare* по эффективным генам устойчивости к патогенам – коллекция местных форм ячменя, прошедших длительное становление в различных почвенно-климатических и эпидемиологических условиях. Так, исследование устойчивости коллекции ячменей Эфиопии к северо-западной (С.-Петербург, Пушкин) популяции возбудителя мучнистой росы *Blumeria graminis* (DC.) Golovin ex Speer f. sp. *hordei* Marchal позволило выявить 27 устойчивых образцов, а 47 форм оказались гетерогенными по этому признаку. Выявили 15 образцов, несущих аллель *mlol1*, который обеспечивает длительную устойчивость к мучнистой росе большинства современных сортов ячменя, устойчивость остальных 59 форм контролируют эффективные гены, отличающиеся от *mlol1* (Abdullaev et al., 2019). Столь существенное разнообразие по устойчивости к *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* позволило предположить возможность изменчивости ячменей Эфиопии и по другим адаптивно важным признакам.

Цель работы – изучить разнообразие *H. vulgare* из Эфиопии по устойчивости к возбудителю карликовой ржавчины.

Материалы и методы

Материал для исследований (925 образцов ячменя из Эфиопии) предоставлен отделом генетических ресурсов овса, ржи и ячменя Всероссийского института

генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР). Оценивали также 37 сортов и линий ячменя,

защищенных известными генами устойчивости к возбудителю карликовой ржавчины.

Экспериментальная работа выполнена в 2018–2019 гг. на полях научно-производственной базы «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (С.-Петербург, Пушкин). Образцы высевали по 1 рядку (междурядья – 15 см, длина рядка – 1 м) в поздние сроки (вторая половина мая), что способствовало сильному распространению ржавчины. Посев изучаемого материала был произведен на участке со средним уровнем фона минерального питания. В качестве восприимчивого контроля использовали сорт Белогорский (к-22089, Ленинградская обл.), который высевали через 20 образцов в опыте. Первую оценку экспериментального материала проводили в период колошения, второй учет – в фазу молочной спелости зерна. Устойчивость оценивали в баллах с помощью шкалы, которая рекомендована ВИР для изучения генетических ресурсов ячменя (Лоскутов и др., 2012):

- 1 – устойчивость очень низкая – сплошное развитие слившихся пустул на средних листьях, верхние листья сплошь покрыты крупным скоплением спор;
- 3 – низкая – многочисленные, порой сливающиеся пустулы, особенно на средних листьях, верхние листья частично свободны от ржавчины;
- 5 – средняя – отдельные пустулы, рассеянные на листьях и стеблях;
- 7 – высокая – немногочисленные, редкие пустулы;
- 9 – очень высокая – отсутствие пустул или единичные.

Балл 1 соответствует типу реакции S (восприимчивый) по широко используемой в мировой практике шкале М.А. Akhtar с соавторами (2002), 3 – MS, MS-S (умеренно восприимчивый, восприимчивый), 5 – MR, MR-MS (умеренно устойчивый), 7 – R, R-MR (устойчивый), 9 – O (отсутствие симптомов поражения).

Результаты и обсуждение

В 2018–2019 гг. наблюдали эпифитотийное развитие болезни, поражение контрольного восприимчивого сорта Белогорский по всему посеву составило 1 балл. На жестком инфекционном фоне выделили 4 образца, устойчивость которых составляла 7–9 баллов (таблица). По сведениям отдела генетических ресурсов овса, ржи и ячменя ВИР, образцы к-30810, к-30811 и к-30812 – селекционные линии, защищенные геном *Rph7*. На листьях двух из них в 2018 г. были отмечены редкие пустулы, что свидетельствует о присутствии в популяции патогена вирулентных клонов, однако на следующий год симптомы заболевания на этих образцах не были выявлены. Образец к-21919 не поражен *P. hordei* в течение двух лет исследований.

Среди линий с известными *Rph*-генами устойчивостью (7 баллов, единичные пустулы ржавчины) характеризовались лишь носители гена *Rph7*, умеренной устойчивостью (5 баллов) обладала линия PI 531849 (*Rph13*), образцы с генами *Rph1–Rph9* (*Rph12*), *Rph13*, *Rph19*, *Rph20*, *Rph21* и *Rph27* были восприимчивы к патогену (1–3 балла). Очевидно, образец к-21919 защищен геном (генами) устойчивости к *P. hordei*, который отличается от упомянутых выше неэффективных генов.

Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что разнообразие ячменей Эфиопии по устойчивости к карликовой ржавчине невелико. Лишь 4 образца из 925 изученных устойчивы к северо-западной популяции *P. hordei*, причем 3 селекционные линии защищены идентифицированным ранее геном *Rph7*, эффективность которого в последние годы снижается. Высоким уровнем устойчивости к патогену обладает образец к-21919, который может быть рекомендован для использования в селекции ячменя.

Таблица. Образцы ячменя из Эфиопии, выделившиеся по устойчивости к карликовой ржавчине (ПЛ ВИР, 2018–2019 гг.)

№ по каталогу ВИР	Образец	Разновидность	Устойчивость, балл	
			2018 г.	2019 г.
21919	III-77	<i>pallidum</i>	9	9
30810	H-2210	«	9	9
30811	H-2211	«	7	9
30812	H-2212	«	7	9
Белогорский (восприимчивый контроль)			1	1

Исследование выполнено при поддержке РФФИ (грант № 18-016-00075) и в рамках государственного задания ВИР (бюджетный проект № 0662-2019-0006).

Библиографический список (References)

- Абдуллаев РА (2015) Генетическое разнообразие местных форм ячменя из Дагестана по адаптивно важным признакам: Автореф. дис. ... к.б.н. СПб. 22 с.
- Лоскутов ИГ, Ковалева ОН, Блинова ЕВ (2012) Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб.: ВИР. 63 с.
- Хохлова АП (1982) Гены устойчивости против карликовой ржавчины ячменя *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции* 71(3):63–68.
- Abdullaev RA, Lebedeva TV, Alpatieva NV, Yakovleva OV et al (2019) Genetic diversity of barley accessions from Ethiopia for powdery mildew resistance *Russian Agricultural Sciences* 45(3):232–235. <https://doi.org/10.3103/S1068367419030029>
- Akhtar MA., Ahmad I, Mirza JI, Rattu AR et al (2002) Evaluation of candidate lines against stripe and leaf rusts under national uniform wheat and barley yield trial 2000–2001 *Asian J Plant Sci* 1(4):450–453. <https://doi.org/10.3923/ajps.2002.450.453>
- Dreiseitl A, Steffenson BJ (2000) Postulation of leaf-rust resistance genes in Czech and Slovak barley cultivars and breeding lines *Plant Breed* 119(3):211–214. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0523.2000.00495>
- Fetch JrTG, Steffenson BJ, Jin Y (1998) Worldwide virulence of *Puccinia hordei* on barley *Phytopathology* 88(Suppl):S28.
- Hickey LH, Lawson W, Platz GJ, Dieters M et al (2011) Mapping *Rph20*: a gene conferring adult plant resistance to

- Puccinia hordei* in barley *Theor Appl Genet* 123(1):55–68. <https://doi.org/10.1007/s00122-011-1566-z>
- Park RF, Golegaonkar PG, Derevnina L, Sandhu KS et al. (2015) Leaf rust of cultivated barley: pathology and control *Annu Rev Phytopathol* 53(1):565–589 <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080614-120324>
- Rothwell CT, Singh D, Dracatos PM, Park RF (2020) Inheritance and characterization of *Rph27*: a third race-specific resistance gene in the barley cultivar Quinn *Phytopathology* 110(5):1067–1073. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-12-19-0470-R>
- Shtaya MJY, Sillero JC, Rubiales D (2006) Identification of a new pathotype of *Puccinia hordei* with virulence for the resistance gene *Rph7* *Eur J Plant Pathol* 116(2):103–106. <https://doi.org/10.1007/s10658-006-9043-2>
- Singh D, Dracatos P, Derevnina L, Zhou M, Park RF (2015) *Rph23*: a new designated additive adult plant resistance gene to leaf rust in barley on chromosome 7H *Plant Breed* 134(1):62–69. <https://doi.org/10.1111/pbr.12229>
- Steffenson BJ, Jin Y, Griffey CA (1993) Pathotypes of *Puccinia hordei* with virulence for the barley leaf rust resistance gene *Rph7* in the United States *Plant Dis* 77(9):867–869. <https://doi.org/10.1094/PD-77-0867>
- Tyryshlin LG (2009) Genetic control of effective leaf rust resistance in collection accessions of barley *Hordeum vulgare* L. *Russ J Genetics* 45(3):376–378. <https://doi.org/10.1134/S1022795409030181>
- Ziems LA, Hickey LT, Hunt CH, Mace ES et al (2014) Association mapping of resistance to *Puccinia hordei* in Australian barley breeding germplasm *Theor Appl Genet* 127(5):1199–1212. <https://doi.org/10.1007/s00122-014-2291-1>
- Ziems LA, Hickey LT, Platz GJ, Franckowiak JD et al (2017) Characterization of *Rph24*: a gene conferring adult plant resistance to *Puccinia hordei* in barley *Phytopathology* 107(7):834–841. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-16-0295-R>

Translation of Russian References

- Abdullaev RA (2015) [Genetic diversity of barley landraces from Dagestan for adaptively important traits]. *Abstr. PhD Thesis*. St. Petersburg, 22 p. (In Russian)
- Loskutov IG, Kovaleva ON, Blinova EV (2012) Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu i sokhraneniyyu mirovoy kollektssii yachmenya i ovsa [Methodological guidelines for studying

Plant Protection News, 2020, 103(4), p. 262–264

OECD+WoS: 4.01+AM (Agronomy)

- and maintaining the global collection of barley and oat]. St. Petersburg: VIR. 63 p. (In Russian)
- Khokhlova AP (1982) [Genes for resistance to barley leaf rust]. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding* 71(3):63–68 (In Russian)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-4-13613>

Short communication

LEAF RUST RESISTANCE IN BARLEY ACCESSIONS FROM ETHIOPIA

R.A. Abdullaev*, B.A. Batasheva, E.E. Radchenko

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia

*corresponding author, e-mail: abdullaev.1988@list.ru

Currently, the problem of broadening the diversity of cultivated barley varieties based on the effective genes for resistance to the leaf rust causal agent *Puccinia hordei* has become relevant. In 2018–2019 the resistance of 925 barley accessions from Ethiopia to the northwestern (St. Petersburg, Pushkin) pathogen population was evaluated. The accessions were sown at a later date, favoring to severe plant damage. The resistance was assessed during the heading period and over the milk ripening stage using a point scale. The results of the experiments have indicated a low diversity of Ethiopian barley according to the studied trait. Only 4 accessions have been resistant to *P. hordei*, and 3 breeding lines (k-30810, k-30811 and k-30812) have been protected by the previously identified *Rph7* gene, which efficiency has been decreasing in recent years. The accession k-21919 has possessed a high level of resistance to the pathogen (i.e. lack of damage symptoms) and therefore it can be recommended for utilization in barley breeding.

Keywords: *Hordeum vulgare*, *Puccinia hordei*, genes for resistance, plant breeding

Received: 15.07.2020

Accepted: 20.10.2020

ВЛИЯНИЕ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ *AKANTHOMYCES* И *LECANICILLIUM* НА ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ОРАНЖЕРЕЙНОЙ БЕЛОКРЫЛКИ *TRIALEURODES VAPORARIORUM***Г.В. Митина*, Е.А. Степанычева, А.А. Чоглокова**

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

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

Изучено влияние спор грибов из родов *Akanthomyces* и *Lecanicillium* на поведенческие реакции оранжерейной белокрылки. Три штамма видов *Akanthomyces muscarius*, *Lecanicillium pissodis*, *Lecanicillium dimorphum* проявили выраженное репеллентное действие и оказали негативное влияние на плодовитость имаго, вызывая снижение числа отложенных яиц до 70% по сравнению с контролем. Два других штамма видов *Lecanicillium psalliotae* и *A. muscarius* практически не влияли на поведенческие реакции белокрылки и на ее плодовитость. Все изученные штаммы проявили высокую вирулентность при опрыскивании личинок оранжерейной белокрылки споровой суспензией конидий в концентрации 5 млн спор/мл, вызывая смертность на 7-е сутки от 76 до 98%. Вирулентность видов *L. dimorphum* и *L. pissodis* сопоставима с вирулентностью традиционно применяемых в качестве продуцента биопрепаратов вида *A. muscarius*. Их можно рассматривать как перспективные для защиты от оранжерейной белокрылки. Очевидно, что такие поведенческие реакции фитофагов необходимо учитывать при оценке патогенного потенциала энтомопатогенных грибов.

Ключевые слова: поведенческие реакции, Aleyrodidae, энтомопатогены, летучие органические соединения, вирулентность

Поступила в редакцию: 17.06.2020

Принята к печати: 20.10.2020

Оранжерейная белокрылка *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera, Aleyrodidae) – один из наиболее распространенных вредителей различных культур закрытого грунта. Многоядный фитофаг развивается на более чем 300 видах растений из 82 семейств, нанося существенный вред как овощным, так и декоративным культурам закрытого грунта, где, развиваясь круглогодично, дает 10–16 поколений. Питание вредителя клеточным соком растений приводит к пожелтению и усыханию листьев. Значительную опасность для растений представляют сажистые грибы, развивающиеся на сахаристых выделениях белокрылки. Даже при незначительной численности белокрылка представляет опасность в качестве переносчика вирусной инфекции (Цыпленков, Берим, 2008). Недостаточная эффективность защитных мероприятий против белокрылки связана с часто встречающейся кросс-резистентностью вредителя к инсектицидам из различных химических групп. В таких случаях особое значение приобретают микробиологические препараты и, в частности, созданные на основе энтомопатогенных грибов (ЭГ). Отдельные виды грибов из рода *Akanthomyces* ранее отнесенные к роду *Lecanicillium* W. Gams & Zare, такие как *Akanthomyces muscarius* (Petch) Spatafora, Kepler & B. Shrestha, comb. nov. (= *Lecanicillium muscarium*), *Akanthomyces lecanii* (Zimm.) Spatafora, Kepler & B. Shrestha, comb. nov. (= *Lecanicillium lecanii*) и *Akanthomyces dipterigenus* (Petch) Spatafora, Kepler, Zare & B. Shrestha, comb. nov. (= *Lecanicillium longisporum*) уже давно зарекомендовали себя как продуценты различных биопрепаратов. Наиболее распространенным патогеном оранжерейной белокрылки является гриб *A. muscarius*, продуцент биопрепарата Микотал (Hall, 1981). В настоящее время описано около 20 видов грибов из родов *Akanthomyces* и *Lecanicillium*, вызывающих микозы различных членистоногих (Zare, Gams, 2001; Kepler et al., 2017). Их патогенный потенциал еще изучается.

Современные исследования показывают, что влияние энтомопатогенных грибов на своих хозяев не ограничивается способностью вызывать у последних микозы, приводящие к гибели. Многие виды грибов образуют низкомолекулярные летучие органические соединения (ЛОС) (Butt et al., 2016), которые влияют на поведенческие реакции членистоногих, связанные с размножением, развитием и питанием (Yanagawa et al., 2009, 2012; Ormond et al., 2011; Jacobsen et al., 2015). Насекомые могут воспринимать ЛОС как привлекательные, отталкивающие, сдерживающие или нейтральные (Boucias, et al., 2012). Для видов *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill и *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin показано, что составы ЛОС могут коррелировать с различными уровнями патогенности энтомопатогенных грибов (Hussain et al., 2010; Holighaus et al., 2019). Для грибов *A. muscarius* установлен репеллентный эффект для личинок и имаго западного цветочного трипса (Митина, Степанычева, 2019). Показано, что мицелий разных штаммов вида *A. muscarius* может вызывать различные реакции жуков амбарного долгоносика: от репеллентных до аттрактивных (Mitina et al., 2020).

Изучение особенностей влияния этих грибов на поведение оранжерейной белокрылки и их связи с патогенностью грибов не проводилось. Такая всесторонняя оценка механизмов действия хорошо известных и малоизученных видов энтомопатогенных грибов из родов *Akanthomyces* и *Lecanicillium* позволяет разработать новые подходы к их применению.

Цель исследований – изучить влияние летучих соединений спор грибов различных видов грибов из родов *Akanthomyces* и *Lecanicillium* на поведенческие реакции и плодовитость оранжерейной белокрылки и определить патогенность (вирулентность) изучаемых грибов в отношении этого фитофага.

Материалы и методы

Были отобраны штаммы следующих видов: *A. muscarius* (V1 21, V1 61), *Lecanicillium psalliotae* (Treschew) Zare & W. Gams (V1 78), *Lecanicillium dimorphum* (JD Chen) Zare & W. Gams (V1 79), *Lecanicillium pissodis* Kope & I. Leal (ARSEF 8057), выделенных из различных насекомых и субстратов. Штамм ARSEF 8057 получен из Коллекции ARSEF USDA (США). Штаммы поддерживались в пробирках на агаризованной среде Чапека при +4 °С и пересеивались 1 раз в год.

Для получения конидий штаммы выращивали в стандартных условиях на среде Чапека в течение 10 суток (Митина, Сокогнова, 2013). Конидии смывали 0.01 % водным раствором Твина 80, фильтровали через стерильную вату, титр спор определяли в камере Горяева и доводили до рабочей концентрации раствором Твина 80.

Изучение влияния спор грибов из родов *Akanthomyces* и *Lecanicillium* на поведение имаго белокрылки и численность потомства проводили на лабораторной популяции оранжерейной белокрылки, которую содержали при температуре 22±1 °С и 16-ти часовом световом дне на растениях фасоли. Эксперименты проводили на изолированных растениях фасоли, выращенных в стаканчиках объемом 200 мл, по методике, протестированной ранее на имаго западного цветочного трипса *Frankliniella occidentalis* (Митина и др., 2019). Фасоль опрыскивали суспензией конидий с титром 5×10⁷ спор/мл. В контроле проводили обработку 0.01 % Твином 80. Растения подсушивали на воздухе в течение 30 минут и устанавливали попарно (опыт и контроль) в стеклянных 10-литровых сосудах, изолированных мельничным газом. Затем туда выпускали имаго белокрылки (около 30 особей на сосуд), предварительно

отобранных и выдержанных вне кормового растения в течение двух часов. Через 24 часа учитывали распределение имаго и количество отложенных яиц на опытном и контрольном растениях в каждом сосуде (всего в опыте 10 сосудов-повторностей).

Распределение имаго белокрылки оценивали с помощью индекса агрегирования (ИА) (Закладной, 1983; Pascual-Villalobos, Robledo, 1998) и определяли снижение численности потомства по количеству яиц, отложенных в опыте по сравнению с контролем, выраженное в процентах.

Оценку вирулентности штаммов грибов из родов *Akanthomyces* и *Lecanicillium* в отношении оранжерейной белокрылки проводили на личинках 2–3 возраста по стандартной процедуре (Митина, Сокогнова, 2013). Листья фасоли, заселенные личинками 2–3 возраста (по 30–60 личинок на лист), опрыскивали из ручного распылителя споровой суспензией конидий с титром 5.0×10⁶ спор/мл, 1 мл на лист. В контроле лист обрабатывали 0.01 % водным раствором Твина 80. Листья поддерживались на влажной вате (метод плотиков) при температуре 25 °С и 18-часовом световом дне. Повторность опытов 4-кратная для каждого штамма.

Вирулентность грибов определяли как процент смертности личинок белокрылки на 7 сутки после обработки относительно количества живых личинок до обработки.

Результаты были статистически обработаны с помощью однофакторного анализа ANOVA (SigmaPlot версия 12.5 Systat Software), для сравнения средних значений использовали тест Tukey's HSD.

Результаты и обсуждение

Изучение влияния спор грибов на поведение белокрылки выявило проявление репеллентного действия (статистически достоверного) у трех штаммов: V1 21, ARSEF 8057, V1 79, относящихся к разным видам и выделенных из различных источников. Причем, у вида *L. dimorphum* (штамм V1 79) этот эффект был выражен в значительно большей степени (табл.). Эти же штаммы оказывали подавляющее действие на плодовитость белокрылки: количество отложенных яиц в опыте было на 68.2–70.8 % меньше, чем в

контроле. Летучие соединения спор штамма V1 78 практически не оказывали влияния на поведенческие реакции белокрылки, а споры штамма V1 61 проявляли тенденцию к аттрактивности. Причем, эти два штамма не влияли на плодовитость белокрылки. Штаммы V1 21 и V1 61, относящиеся к одному виду *A. muscarius*, но выделенные из различных хозяев, оказывали различное влияние на поведенческие реакции фитофага.

Таблица. Влияние спор различных видов грибов из родов *Akanthomyces* и *Lecanicillium* на поведенческие реакции оранжерейной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* (W.)

Table. Effect of the spores of different *Akanthomyces* and *Lecanicillium* species on the behavior of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (W.)

Штамм	Вид	Хозяин, субстрат	Индекс агрегации	Снижение количества яиц, %	Вирулентность (смертность личинок на 7 сутки), %
V1 21	<i>Akanthomyces muscarius</i>	Оранжерейная белокрылка <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	-17.8	70.8*	98.72±1.3 ^a
V1 78	<i>Lecanicillium psalliotae</i>	Неидентифицированное насекомое	+10.5	1.8	76.09±1.74 ^a
V1 79	<i>Lecanicillium dimorphum</i>	Почва	-40.7*	67.8*	98.20±1.8 ^a
ARSEF 8057	<i>Lecanicillium pissodis</i>	Coleoptera: Curculionidae	-19.2	68.2*	82.56±8.3 ^a
V1 61	<i>Akanthomyces muscarius</i>	урединопустулы возбудителя ржавчины <i>Phragmidium</i> sp. на <i>Rubus</i> sp.	-8.8	9.6	94.2±5.1 ^a

Примечания: Смертность личинок белокрылки в контроле не превышала 5.0 %;

* – различия достоверны с контролем;

^a – одинаковыми буквами обозначены не различающиеся достоверно показатели ($P \leq 0.05$).

Все изученные штаммы проявили высокую вирулентность в отношении личинок оранжерейной белокрылки, смертность которых составила от 76 до 98% на 7-е сутки, среди них выраженную репеллентность проявили три штамма.

Полученные нами данные согласуются с данными литературы. Установлено преобладание реакции репеллентности насекомых из различных отрядов на энтомопатогенные грибы порядка *Hypocreales* (Meyling, Pell, 2006; Roy et al., 2006; Chouvinc et al., 2008; Baverstock et al., 2010). В ряде работ установлено негативное влияние спор энтомопатогенных грибов на плодовитость и питание их хозяев, причем это влияние было связано с репеллентностью. Так, гриб *B. bassiana*, оказывающий отрицательное действие на жизнеспособность *Aphis gossypii* Glover, обладал также репеллентным действием на фитофага. В условиях свободного выбора тли отдавали предпочтение растениям, не обработанным спорами гриба (Rashki, Shirvani, 2013). Споры грибов рода *Metarhizium* и выделяемые ими ЛОС, задерживали яйцекладку некоторых насекомых, включая бататового долгоносика (*Cylas formicarius* Fabricius), комнатную муху (*Musca domestica* L.) и осеннюю жигалку (*Stomoxys calcitrans* L.) (Dotaona et al., 2017; Machtinger et al., 2016). Предполагают, что имаго насекомых распознают потенциально опасные для яиц и личинок условия среды, так как виды *Metarhizium* способны заражать как яйца, так и личинки (Aydin et al., 2018). Однако, эти реакции не всегда связаны с патогенностью. Для вида *B. bassiana*, установлено угнетающее влияние спор на питание жуков *Harmonia*

axyridis Pallas в дозах 10^5 – 10^9 конидий/мл и снижение репродуктивной функции, несмотря на то, что жуки не заражались грибом (Roy et al., 2008). И, напротив, в некоторых исследованиях показано, что насекомые либо не способны обнаружить энтомопатогенные грибы, либо не воспринимают их как угрозу. Так колорадский жук *Leptinotarsa decemlineata* Say, восприимчивый к *B. bassiana*, не избегает в почве зараженных грибом трупов жуков. (Klinger et al., 2006).

Полученные нами результаты показали, что изученные штаммы грибов из родов *Akanthomyces* и *Lecanicillium* проявившие репеллентность в отношении имаго оранжерейной белокрылки, вызывают также существенное снижение ее плодовитости. Аналогичные результаты были получены для личинок и имаго западного цветочного трипса *Frankliniella occidentalis* Pergande, когда спорулирующий мицелий двух штаммов гриба *A. muscarius* проявили выраженную репеллентность, при этом численность потомства снижалась почти в два раза (Митина и др., 2019). Очевидно, что такие поведенческие реакции фитофагов необходимо учитывать при оценке патогенного потенциала энтомопатогенных грибов.

Проявление репеллентных и патогенных свойств энтомопатогенных грибов из родов *Akanthomyces* и *Lecanicillium*, изученных в настоящей работе, не зависело от вида гриба и источника выделения.

В дальнейшем необходимо расширить выборку изучаемых штаммов разных видов для оценки их биологической активности и изучения химического состава ЛОС.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 20-016-00241.

Библиографический список (References)

- Закладной ГА (1983) Защита зерна и продуктов его переработки от вредителей. М.: Колос, 215 с.
- Митина ГВ, Сокогнова СВ (2013) Характер взаимодействия штаммов *Lecanicillium* spp. при совместном заражении оранжерейной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum*. *Микология и фитопатология* 47(4):261–265
- Митина ГВ, Степаныхева ЕА, Петрова МО (2019) Влияние летучих соединений и экстрактов мицелия энтомопатогенных грибов на поведенческие реакции и жизнеспособность западного цветочного трипса *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Паразитология* 53(3):230–240. <https://doi.org/10.1134/S0031184719030050>
- Цыпленков АЕ, Берим МН (2008) Белокрылка - переносчик геминивирусов. *Защита и карантин растений* 5:39–40
- Aydin T, Branco M, Guven O, Goncalves H et al (2018) Significant mortality of eggs and young larvae of two pine processionary moth species due to the entomopathogenic fungus *Metarhizium brunneum*. *Biocontrol Sci Technol* 28:317–331
- Baverstock J, Roy HE, Pell JK (2010) Entomopathogenic fungi and insect behaviour from unsuspecting hosts to targeted vectors. *J Int Org Biocontrol* 55(1):89–102
- Boucias DG, Lietze V, Teal P (2012) Chemical Signals That Mediate Insect-Fungal Interactions. In: Witzany G (ed.) *Bio-communication of Fungi*. Springer Sci Bus Media Dordrecht 305–336. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4264-2_20
- Butt TM, Coates CJ, Dubovskiy IM, Ratcliffe NA (2016) Entomopathogenic fungi: new insights into host-pathogen interactions. *Advances in Genetics*, Amsterdam, The Netherlands, 94. Academic Press, 307–364. <https://doi.org/10.1016/bs.adgen.2016.01.006>
- Chouvinc T, Su NY, Elliott ML (2008) Interaction between the subterranean termite *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae) and the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* in foraging arenas. *J Econ Entomol* 101(3):885–893
- Dotaona R, Wilson BA, Ash GJ, Holloway J et al (2017) Sweetpotato weevil, *Cylas formicarius* (Fab.) (Coleoptera: Brentidae) avoids its host plant when a virulent *Metarhizium anisopliae* isolate is present. *J Invert Pathol* 148:67–72. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2017.05.010>
- Hall RA (1981) The fungus *Verticillium lecanii* as a microbial insecticide against aphids and scales. In: Burges HD (ed) *Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970–1980*. London. Academic Press. 483–498
- Holighaus G, Rohlf M (2019). Volatile and non-volatile fungal oxylipins in fungus-invertebrate interactions. *Fungal Ecol* 38:28–36
- Hussain A, Tian MY, He YR, Lei YY (2010) Differential fluctuation in virulence and VOC profiles among different cultures of entomopathogenic fungi. *J Invert Pathol* 104:166–171
- Jacobsen S, Eilenberg J, Klingenberg I, Sigsgaard L (2015) Different behavioral responses in specialist and generalist natural enemy interactions (predators and fungi) in a strawberry-mite pest system. In: *Ecofriendly Pest Manag Food Sec* Omarkar. Elsevier 1(11):329–366. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803265-7.00011-7>

- Kepler RM, Luangsa-ard JJ, Hywel-Jones NL, Quandt CA et al. 2017. A phylogenetically-based nomenclature for Cordycipitaceae (Hypocreales). *IMA Fungus* 8 (2), 335–353. <https://doi.org/10.5598/imafungus.2017.08.02.08>
- Klinger E, Groden E, Drummond F (2006) *Beauveria bassiana* horizontal infection between cadavers and adults of the colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). *Environ Entomol* 35:992–1000
- Machtinger ET, Weeks ENI, Geden CJ (2016) Oviposition deterrence and immature survival of filth flies when exposed to commercial fungal products. *J Insect Sci* 16:54
- Meyling NV, Pell JK (2006) Detection and avoidance of an entomopathogenic fungus by a generalist insect predator. *Ecol Entomol* 31(2):162–171
- Ormond EL, Thomas APM, Pell JK, Freeman SN, Roy HE (2011) Avoidance of a generalist entomopathogenic fungus by the ladybird, *Coccinella septempunctata*. *FEMS Microbiol Ecol* 77(2):229–237
- Mitina GV, Selitskaya OG, Schenikova AV (2020) Effect of Volatile Compounds of the Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. and *Lecanicillium muscarium* R. Zare et W. Gams on the Behavior of *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera, Dryophthoridae) and Evaluation of the Virulence of Different Strains of These Fungi. *Entomol Rev* 100(4):456–462. <https://doi.org/10.1134/S001387382004003>
- Pascual-Villalobos MJ, Robledo A (1998) Screening for anti-insect activity in mediterranean plants. *Ind Crops Prod* 8:183–194
- Rashki M, Shirvani A (2013) The effect of entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* on life table parameters and behavioural response of *Aphis gossypii*. *Bull Insectol* 66 (1):85–91
- Roy HE, Steinkraus DC, Eilenberg J, Hajek AE, Pell JK (2006) Bizarre interactions and endgames: entomopathogenic fungi and their arthropod hosts. *Annu Rev of Entomol* 51:331–357
- Roy HE, Brown PMJ, Rothery P, Ware RL, Majerus MEN (2008) Interactions between the fungal pathogen *Beauveria bassiana* and three species of coccinellid *Harmonia axyridis*, *Coccinella septempunctata* and *Adalia bipunctata*. *J Int Org Biocontrol* 53:265–276
- Yanagawa A, Fujiwara-Tsujii N, Akino T, Yoshimura T et al (2012) Odor aversion and pathogen-removal efficiency in grooming behavior of the termite *Coptotermes formosanus*. *PLOS One* 7(10):e47412
- Yanagawa A, Yokohari F, Susumu S (2009) The role of antennae in removing entomopathogenic fungi from cuticle of the termite, *Coptotermes formosanus*. *J Insect Sci* 9:6. <https://doi.org/10.1673/031.009.0601>
- Zare R, Gams W (2001) A revision of *Verticillium sect. Prostrata*. III. Generic classification. *Nova Hedwigia* 72(3–4):329–337

Translation of Russian References

- Mitina GV, Sokornova SV (2013) Interactions of *Lecanicillium spp* strains during simultaneous infection of whitefly *Trialeurodes vaporariorum*. *Mikologiya I Fitopatologiya* 47(4):261–265 (In Russian)
- Mitina GV, Stepanycheva EA, Petrova MO (2019) The effects of volatile compounds of mycelium and extracts of the entomopathogenic fungi on the behavioral response and the viability of the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). *Parazitologiya* 53(3): 230–240 (In Russian)
- Tsyplenkov AE, Berim MN (2008) Whitefly as a vector of geminiviruses. *Zashchita i karantin rasteniy* 5:39–40 (In Russian)
- Zakladnoy GA (1983) *Zashchita zerna i produktov ego pererabotki ot vreditel'ey* [Protection of grain and its products from pests]. Moscow: Kolos. 215 p. (In Russian)

Plant Protection News, 2020, 103(4), p. 265–268

ECD+WoS: 1.06+IY (Entomology)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-4-13466>

Short communication

THE EFFECT OF THE DIFFERENT SPECIES OF THE ENTOMOPATHOGENIC FUNGI FROM GENERA *AKANTHOMYCES* AND *LECANICILLIUM* ON THE BEHAVIORAL RESPONSES AND THE VIABILITY OF THE *TRIALEURODES VAPORARIORUM*

G.V. Mitina*, E.A. Stepanycheva, A.A. Choglokov

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

*corresponding author, e-mail: galmit@rambler.ru

The effect of the spores of *Akanthomyces* and *Lecanicillium* species on the behavioral responses of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* has been studied. Three strains of the species *Akanthomyces muscarius*, *Lecanicillium pissodis* and *Lecanicillium dimorphum* demonstrated a strong repellency and negative effect for the adult fecundity, causing the decrease of the eggs number up to 70% in comparison with control. Two other strains of species *L. psalliotae* and *A. muscarius* did not affect the behavioral responses and fecundity of whitefly. All studied strains showed high virulence against whitefly larvae at concentration of 5 mln spores/ml causing mortality rate between 76 and 98% on the 7th day after treatment. The virulence of species *L. dimorphum* and *L. pissodis* was comparable with the virulence of the species *A. muscarius*, they are traditionally used to produce biopreparations against whitefly. They are promising for the whitefly control. Apparently, the behavioral responses of these pests should be considered for the evaluation of the pathogenic potential of entomopathogenic fungi.

Keywords: behavioral responses, Aleyrodidae, entomopathogens, volatile organic compounds, virulence

Received: 17.06.2020

Accepted: 20.10.2020

LEDS AND SEMIOCHEMICALS VS. SEX PHEROMONES: TESTS OF THE EUROPEAN CORN BORER ATTRACTIVITY IN THE KRASNODAR TERRITORY

A.N. Frolov*, I.V. Grushevaya, A.G. Kononchuk

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

*corresponding author; e-mail: entomology@vizr.spb.ru

In two geographical points of the Krasnodar Territory, viz. vil. Botanika, Gulkevichi District (eastern subzone of the Central natural-economic zone of the Krasnodar Territory) and st. Kurchanskaya, Temryuk District (Anapo-Taman natural-economic zone) on industrial plantations of maize, Delta sticky traps supplied with various baits were tested for attractiveness for adults of the European corn borer (ECB), *Ostrinia nubilalis* Hbn. In contrast to sex pheromones, traps with 'bisex lure' (semiochemicals phenylacetaldehyde and 4-methoxy-2-phenethyl alcohol) or LEDs captured a considerable number of females, whose prognostic value was significantly higher than that of males. On maize fields near Botanika traps with 'bisex lure' caught moths almost at 20- and traps with LEDs more than 70-fold higher rate as compared to sex pheromones. On maize plantations near Kurchanskaya, where both the saturation of crop rotations with maize fields and the pest population is significantly lower, semiochemicals caught ECB moths at the same rate as sex pheromones, in contrast to LEDs, which attracted insects by an order of magnitude more frequently. The results of the tests indicate that the use of LED traps for monitoring of ECB is promising under the modern economic situation of expanding the territories intended for the production of corn grain.

Keywords: attraction, *Ostrinia nubilalis*, sticky Delta trap, bisex lure, LED, sex pheromone

Received: 25.09.2020

Accepted: 25.11.2020

Introduction

Phytosanitary monitoring is an essential component of integrated plant management systems and the All-Russian Institute of Plant Protection (VIZR) represents a long-standing center for development of technological solutions that ensure its implementation in relation to harmful entomological objects (Andreev et al., 1976; Burov, Sazonov, 1987). Although modern tools of catching insects are extremely diverse (Epsky et al., 2008; Golub et al., 2012) traps with synthetic analogs of sex pheromones are currently the most popular due to their undeniable advantages, i.e. cheapness, mobility, ease of installation and selectivity of the attracting action in relation to the target object of monitoring (Frolov, 2011). Thus, to account for the number of one of the most dangerous pests of maize, the European corn borer (ECB), *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lepidoptera: Crambidae) traps with synthetic sex pheromones have been used for many years (Laurent, Frérot, 2007). At the same time, the evidence increases showing that the attractiveness of *O. nubilalis* varies greatly depending on the area and season, sometimes reaching zero values in the number of captured males with significant damage to crop by larvae of the daughter generation (Grushevaya et al., 2015), which is an obvious consequence of the complexity of the insect's manner of migration behavior (Sappington, 2018). In addition, pheromone traps catch only males whose predictive value is significantly lower than that of females (Witzgall et al., 2010).

To date, many compounds of plant origin that are attractive to phytophagous insects, including ECB, have been identified (Reinecke, Hilker, 2018), phenylacetaldehyde being the most known among them (Cantelo, Jacobson, 1979; Maini, Burgio,

1990; Molnár et al., 2015). Recently, it has been found that the addition of 4-methoxy-2-phenethyl alcohol, also isolated from maize, to this compound increases the catchability of traps by a factor of 3–5 (Tóth et al., 2016). Tests conducted in five European countries of this semiochemical combination under the commercial name 'bisex lure' has confirmed this conclusion (Tóth et al., 2017). The results of our 2019 pilot tests of traps baited with 'bisex lure' also indicate that the combination of these semiochemicals is highly effective for monitoring ECB both in the Krasnodar Territory and Voronezh Region (Frolov et al., 2020).

Light traps have long been used as a tool of monitoring flying insects (Williams, 1940; Terskov, Kolomiets, 1966; Andreev et al., 1970). Like semiochemicals, light, unlike the sex pheromones of Lepidoptera, attracts individuals of both sexes (Gornostae, 1984; Nowinszky, Puskás, 2015). Until recently, the widespread use of light traps was hindered by their bulkiness and high energy consumption, but thanks to the advent of LED technology, these disadvantages were overcome (Chu et al., 2003; Holguin et al., 2010; Ismailov et al., 2016). Examples of the use of LED traps for ECB monitoring are still rare (Cizej et al., 2014), but their prospects for tracking fluctuations of the target species abundance have already been convincingly confirmed by the results of tests conducted in 2019 (Grushevaya et al., 2019).

The aim of this work is to conduct a comparative assessment of the attractiveness of LEDs and plant-derived semiochemicals for ECB adults in comparison with synthetic sex pheromones when using Delta sticky traps of similar design.

Material and Methods

The research was carried out on commercial maize plantations in 2020 in two localities of the Krasnodar Territory: (1) in the vicinity of village Botanika, Gulkevichi District (45°12'51"N 40°47'41"E) on the territory of the Kuban Experimental Station VIR (KOS VIR, branch of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N. I. Vavilov) and (2) in the vicinity of stanitsa Kurchanskaya, Temryuk District (45°12'56"N 37°33'48"E) in the fields of the Kurtakov enterprise. In each of the test points, two fields occupied by maize plantings were selected: one near vil. Botanika, plots of 13 and 10 ha (both of hybrid Komandos KWS), and another near st. Kurchanskaya, plots of 27 and 16 ha (both of hybrid Ladozhsky 292 AMR). Two types of Delta sticky traps were used for testing: standard cardboard products manufactured by JSC "Shchelkovo Agrokhim" (Moscow) and plastic ones manufactured in VIZR (St. Petersburg, Pushkin). One of the following baits was placed in each cardboard trap: 1) a rubber dispenser with a synthetic sex pheromone (100 mcg/dispenser) attracting males of ECB race Z (pheromone composition 3:97 E/Z 11-14:OAc), E (99:1 E/Z 11-14:OAc) or ZE (65:35 E/Z 11-14:OAc) (all produced by JSC "Shchelkovo Agrokhim" and designated as test variants Z, E and ZE correspondingly); 2) a rubber dispenser with a synthetic sex pheromone (100 mcg/dispenser) attracting males of ECB Z race (produced by Company "Pheromone Ltd", Moscow, designated as the Z1 variant); 3) 'bisex lure' (a combination

of phenylacetaldehyde and 4-methoxy-2-phenethyl alcohol, 100 mg each) in a plastic dispenser, produced by the Institute of Plant Protection, Budapest, Hungary (test variant SC). Plastic traps (Miltsyn et al., 2020) were equipped with a removable cassette with two LEDs with a peak power of 3 W each, emitting light with a wavelength of 365–370 nm in opposite directions along the trap body. The power source was 6 1.2 V batteries, 2200 mA/h, and the controlling device was Attiny 13A microcontroller, which allowed automatically reprogramming the threshold for triggering the trap in terms of illumination (test variant LT). Thus, a total of 6 types of baits were used in the tests designated as Z, E, ZE, Z1, SC, and LT respectively. Traps equipped with the above mentioned types of bait were placed in three randomized blocks on each of the studied maize fields in early July. The distance between the traps inside the block was 8–10 m, and between the blocks — at least 30 m. Inspection of traps and counting of captured moths was carried out every 3–4 days, starting from the moment when the first ECB adult was trapped (before this time point the traps were examined daily). Insects caught in traps were removed, and the sticky sheet could be replaced with a fresh one in case of severe contamination. Statistical data processing was performed using ANOVA with logarithmic or Fisher's ϕ data transformation; Duncan's multiple range test at $p_a \leq 0.05$ was used to compare the significance of differences found.

Results and Discussion

Flight of ECB moths was recorded in traps set on maize plantations near vil. Botanika from July 11 till August 27, and near st. Kurchanskaya — from July 09 till August 23. Average

estimates of the densities of captured insects per 1 trap per 7 days of flight depending on the type of bait are shown in table 1.

Table 1. Mean densities of ECB adults captured by Delta sticky traps with different baits (calculated per 1 trap per 1 week) (Krasnodar Territory, 2020)

The point of testing	JSC "Shchelkovo Agrokhim"			"Pheromone Ltd", (Z1)	Bisex lure, (SC)	LEDs, (LT)
	Z*)	E	ZE			
Vil. Botanika	0.28 ± 0.14 a**)	0.23 ± 0.08 a	0.09 ± 0.05 a	0.23 ± 0.06 a	5.69 ± 0.51 b	19.74 ± 1.21 c
St. Kurchanskaya	0 a	0 a	0 a	0.03 ± 0.03 a	0.03 ± 0.03 a	1.37 ± 0.32 b

Notes: *) decoding baits: Z and Z1 — synthetic sex pheromones that attract males of ECB race Z, produced by JSC "Shchelkovo Agrokhim" and "Pheromone Ltd", respectively; E and ZE — synthetic sex pheromones that attract males of ECB races E and ZE, produced by JSC "Shchelkovo Agrokhim"; SC — 'bisex lure' produced by the Institute of Plant Protection, Budapest, Hungary; LT — LED device manufactured in VIZR (for details, see the section Materials and Methods); **) $\bar{X} \pm SE$; different alphabetic characters are provided with the average values in the lines that differ significantly according to the Duncan's multiple range test at $p_a \leq 0.05$.

Data from moths catches show a significantly lower level of ECB population observed near st. Kurchanskaya, Temryuk District compared to that near vil. Botanika, Gulkevichi District. This conclusion is consistent with the results of tests conducted in 2019, when Delta sticky traps equipped with dispensers with synthetic sex pheromones and LEDs were used (Grushevaya et al., 2019).

The differences in the estimates of ECB densities in the field trials find their logical explanation in the historical background of the structure of crops cultivated in the territories where we conduct testing of baits. It is known that despite the potential polyphagous nature, the main habitat of ECB in the Krasnodar Territory is corn crops for grain (Frolov, Grushevaya, 2019). Land use area of the vil. Botanika, Gulkevichi District located in the Eastern subzone of the Central natural-economic zone

in Krasnodar Territory (Korobka et al., 2015), specialized in grain production, where the level of saturation of crop rotations with corn for grain is at least 11% during the season (Agricultural Portal ..., 2020; Frolov, Grushevaya, 2019). According to the long-term data obtained near vil. Botanika (Frolov, Grushevaya, 2020) the average density of ECB estimates 4.2 full-grown larvae per 1 sq. m. of maize sowing during the 1st generation and 17.6 — during the 2nd generation. Temryuk District of Krasnodar Territory belongs to the Anapa-Taman natural-economic zone with specialization in the grape production (Korobka et al., 2015). Until recently, production of corn for grain was practically extremely rarely, and the plant infestation with ECB larvae did not differ significantly from zero (Kononchuk, 2013). Only in recent years, growers of Temryuk District began to sow corn quite actively. According

to the personal message of O. A. Voblova, the head of the group of technical experts of “Syngenta Ltd”, in 2020 in the farms of this district, corn for grain was grown on an area of 2582 ha, i.e. about 4% of the area under farmland in the Temryuk District, comprising 61578 hectares, according to information provided by Agricultural Portal ... (2020).

Variation of ECB adult densities captured in 2020 in both test points (table 1) evaluated by ANOVA revealed a highly significant effect of the bait factor ($p_a \leq 0.001$), which constitutes 53.8% of the total dispersion in tests performed in the vicinity of vil. Botanika, and 97.0% — near st. Kurchanskaya. In the conditions of vil. Botanika baits were divided into 3 statistically significant groups according to their attractiveness: the smallest numbers of ECB adults were caught by traps with sex pheromones (average estimates ranged from 0.09 to 0.28 moths per 1 trap per 1 week). Traps with semiochemicals caught insects almost 20 times more frequently (5.69 adults on average per 1 trap per 1 week), and

traps with LEDs caught insects > 70 times more frequently (on average 19.74 moths per 1 trap per 1 week) as compared the traps with sex pheromones. It is important to note that in conditions of low pest population (st. Kurchanskaya), the catch of ECB adults by semiochemicals was as low in quantity as by sex pheromones, while LEDs attracted moths in quantities that were significantly larger (table 1).

Unlike sex pheromones, both semiochemicals and LEDs have attracted a lot of females in addition to males. Male quote has turned out to be significantly higher in traps with semiochemicals as compared to those with LEDs both in Botanika and in Kurchanskaya (table 2). However, the absolute numbers of captured females per 1 trap by LEDs has outnumbered those caught with semiochemicals. Although the LED trap catch a larger number of ECB adults, trap with semiochemicals are easier to maintain and cheaper. However, the latter obstacle is partially compensated by the fact that the design of LED traps provides for their long-term use.

Table 2. Means of ECB female catches in Delta sticky traps (calculated per 1 trap per 1 week) (Krasnodar Territory, 2020)

Bait	The point of testing	Females in traps	
		numbers	% of adults caught
SC*)	vil. Botanika	2.60 ± 0.23 **)	48.72 ± 4.81
	st. Kurchanskaya	0.01 ± 0.01	41.67 ± 8.33
LT	vil. Botanika	5.94 ± 0.36	28.78 ± 1.58
	st. Kurchanskaya	0.37 ± 0.09	27.36 ± 10.90

See the notes to table 1.

The long-term strategy for the development of grain complex of the Russian Federation until 2035 (Russian Federation Government, 2019) largely relies on a significant expansion of acreage for corn grain production, even beyond the borders of traditional cultivation of this crop (Bykov,

Semkin, 2020). This implies an increased demand in pest monitoring and control tools. The results presented in the paper indicate the possibility of using new means of monitoring ECB, especially LED traps, under the modern conditions of expansion of corn grain production territories.

Conclusion

The test results presented above clearly indicate the prospects of using traps equipped with both LEDs and plant-based semiochemicals for monitoring ECB. Both are obviously advantageous as, unlike sex pheromones, they attract a lot of females, whose predictive value is significantly higher than that of males.

The LEDs show the maximum gain in catch of ECB adults as compared to all other tested baits in sticky traps, including semiochemicals, especially in areas with low pest population.

Acknowledgments. The authors are grateful to S. V. Stulov (JSC “Shchelkovo Agrokhim”), O. G. Skorynin (“Pheromon Ltd”) and Miklós Tóth (Plant Protection Institute, Hungarian Academy of Sciences) for the material provided, as well as the management and employees of the Kuban Experimental Station VIR and the enterprise “Kurtakov” for their opportunity to conduct tests on maize plantations. The work was partially funded by the RFBR (grant no. 19-016-00128).

References

- Agricultural portal of the Russian Federation [Electronic resource]: sown area of farmland — Krasnodar Territory. URL: https://сельхозпортал.рф/analiz-posevnyh-ploshhadej/?region_id=2228&area=1 (accessed: 16.10.2020)
- Andreev SV, Martens BK, Molchanova VA (1970). [Electrical light traps in investigations on plant protection against insect pests]. *Entomologicheskoe Obozrenie* 49(2):484–495 (In Russian)
- Andreev SV, Martens BK, Molchanova VA (1976). [Biophysical methods in plant protection of pests and diseases]. 2nd ed. Leningrad: Kolos. 168 p. (In Russian)
- Burov VN, Sazonov AP (1987). [Biologically active substances in plant protection]. Moscow: Agropromizdat. 199 p. (In Russian)
- Bykov VG, Semkin AG (2020). [On the main strategic directions for the placement of corn grains and specialization of production in Russian regions]. *Ekonomika selskogo khozyaystva Rossii* 7:88–96. <https://doi.org/10.32651/207-88> (In Russian)

- Cantelo WW, Jacobson M (1979). Phenylacetaldehyde attracts moths to bladder flower and to blacklight traps. *Environ Entomol* 8(3):444–447. <https://doi.org/10.1093/ee/8.3.444>
- Chu CC, Chen TY, Simmons AM, Jackson CG, Alexander PA, Henneberry TJ (2003). Development of light-emitting diode (LED) traps for whiteflies and other insects. *IOBC WPRS Bull* 26(10):27–32
- Cizej MR, Šporar K, Štefančič M, Belušič G (2014). Testing of a LED light trap monitoring system for European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hübner). *Hmeljarski Bilten* 21:17–29
- Epsky ND, Morrill WL, Mankin RW (2008). Traps for capturing insects. In: JLCapinera (ed.). *Encyclopedia of Entomology*, 2nd Edition. Springer Science & Business Media, Heidelberg. 3887–3901
- Frolov AN (2011). [Modern directions for improving forecasts and monitoring]. *Zashchita i Karantin Rasteniy* 4: 15–20 (In Russian)
- Frolov AN, Grushevaya IV (2017). [Pheromone traps for monitoring the European corn borer *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) in the Krasnodar Territory: dynamics of male number and larval density on maize fields]. *Plant Protection News* 91(1):55–58 (In Russian)
- Frolov AN, Grushevaya IV (2018). [Seasonal variation in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* Hbn. male number captured with pheromone traps and its connection with pest population]. *Plant Protection News* 98 (4):18–21. [https://doi.org/10.31993/2308-6459-2018-4\(98\)-18-21](https://doi.org/10.31993/2308-6459-2018-4(98)-18-21) (In Russian)
- Frolov AN, Grushevaya IV (2019) Non-randomness of fluctuations in the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hbn.) (Lepidoptera, Crambidae) long-term population dynamics in Krasnodar Territory. *Entomol Rev* 99(1):33–44 <https://doi.org/10.1134/S0013873818090056>
- Frolov AN, Grushevaya IV (2020) Role of meteorological factor in long-term population dynamics of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* Hbn., in Krasnodar Area: the analysis of life tables. *Selskokhozyaystvennaya Biologiya [Agricultural Biology]* 55(1):184–193. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.1.184eng>
- Frolov AN, Grushevaya IV, Kononchuk AG, Ryabchinskaya TA, Kolesnikov VB, Tóth M (2020). [Evaluation of the effectiveness of the European corn borer monitoring using bisexual lure based on tests results in the Kuban and the Central Black Earth Zone of Russia]. In: “Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya “Sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy razvitiya agrarnoy nauki”, 05–09 October 2020, Republic of Crimea, Russia”. 104–106. <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2020-5-9-10-51> (In Russian)
- Frolov AN, Ryabchinskaya TA (2018). [On the reasons of European corn borer synthetic pheromone low activity in new northern centers of the insect harmfulness on maize]. *Plant Protection News* 95(1):1–7. [https://doi.org/10.31993/2308-6459-2018-1\(95\)-5-11](https://doi.org/10.31993/2308-6459-2018-1(95)-5-11) (In Russian)
- Golub VB, Tsurikov MN, Prokin AA (2012). [Insect collections: collection, processing and storage of material]. Moscow: Tovarishchestvo Nauchnyh Izdaniy KMK. 339 p. (In Russian)
- Gornostaev GN (1984) [Introduction to the ethology of insect photoxenes (flight of insects on artificial light sources)]. In: *Ethology of insects. Trudy Vsesoyuznogo entomologicheskogo obshhestva* 66:101–167 (In Russian)
- Grushevaya IV, Frolov AN, Ryabchinskaya TA, Trepashko LI, Bykovskaya AV (2015). [Pheromonitoring of *Ostrinia nubilalis* Hbn.: problem with attractiveness of known compositions]. *Obrazovanie, nauka i proizvodstvo* 3 (12):107–110 (In Russian)
- Grushevaya IV, Kononchuk AG, Malysh SM, Miltsyn AA, Frolov AN (2019). [LED Trap for monitoring of the European corn borer *Ostrinia nubilalis*: the results of trials in Krasnodar Territory]. *Plant Protection News* 4:49–54 <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-4-102-49-54> (In Russian)
- Holguin GA, Lehman BL, Hull LA, Jones VP, Park J (2010). Electronic traps for automated monitoring of insect populations. *IFAC Proc* 43(26):49–54. <https://doi.org/10.3182/20101206-3-JP-3009.00008>
- Ismailov VYa, Sadkovskiy VT, Sokolov YuG, Shumilov YuV, Mkrtchyan AG (2016) [Experience in the development of insect traps using super-bright LEDs]. In: *Materialy 9-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Biologicheskaya zashchita rasteniy — osnova stabilizatsii agroekosistem” s molodezhnoy strategicheskoy sessiey “Kadry, resursy, vozmozhnosti, innovatsii”*, Krasnodar. 45–49 (In Russian)
- Kononchuk AG (2013) [Ecological and geographical structure of the European corn borer populations and factors determining it]. PhD Thesis. St Petersburg: All-Russian Plant Protection Institute (VIZR). 19 p. (In Russian)
- Korobka AN, Orlenko SYu, Alekseenko EV, Malysheva NN, Sorochinskaya EM, etc. (2015) [The farming system of the Krasnodar Territory on an agro-landscape basis]. Krasnodar: Ministerstvo selskogo khozyaystva i pererabatyvayushhey promyshlennosti Krasnodarskogo kraya. 352 p. (In Russian)
- Laurent P, Frérot B (2007). Monitoring of European corn borer with pheromone-baited traps: review of trapping system basics and remaining problems. *J Econ Entomol* 100(6):1797–1807. <https://doi.org/10.1093/jee/100.6.1797>
- Maini S, Burgio G (1990). Influence of trap design and phenylacetaldehyde upon field capture of male and female *Ostrinia nubilalis* (Hb.) (Lepidoptera: Pyralidae) and other moths. *Boll Ist Entomol Univ Bologna* 45:157–165
- Miltsyn AA, Grushevaya IV, Kononchuk AG, Malysh YM, Tokarev YuS, Frolov AN (2020). [Light trap for insect monitoring]. Invention Patent RU195732 (In Russian)
- Molnár BP, Tóth Z, Fejes-Tóth A, Dekker T, Kárpáti Z (2015). Electrophysiologically-active maize volatiles attract gravid female European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. *J Chem Ecol* 41(11):997–1005 <https://doi.org/10.1007/s10886-015-0640-4>
- Nowinszky L, Puskás J (2015). Sex ratio analysis of some Macrolepidoptera species collected by Hungarian forestry light traps. *Acta Silv Lign Hung* 11(2):99–110 <https://doi.org/10.1515/aslh-2015-0008>
- Reinecke A, Hilker M (2018). Plant semiochemicals – perception and behavioural responses by insects. In: Voelckel C, Jander G, eds. *Annual Plant Reviews Volume 47: Insect–Plant Interactions*. Chichester, UK: John Wiley & Sons. 115–153 <https://doi.org/10.1002/9781119312994.apr0508>
- Russian Federation Government (2019). Order No. 1796-R of 10.08.2019: Long-term strategy for the development of the grain complex of the Russian Federation until

2035. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201908160031> (accessed: 16.10.2020)
- Sappington TW (2018). Migratory flight of insect pests within a year-round distribution: European corn borer as a case study. *J Integr Agric* 17(7):1485–1505 [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)61969-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)61969-0)
- Terskov IA, Kolomiets NG (1966). [Light traps and their use in plant protection]. Moscow: Nauka. 146 p. (In Russian)
- Tóth M, Szarukán I, Nagy A, Ábri T, Katona V, Kőrösi S, Nagy T, Szarvas Á, Koczor S (2016). An improved female-targeted semiochemical lure for the European corn borer *Ostrinia nubilalis* Hbn. *Acta Phytopathol Entomol Hung* 51(2):247–254. <https://doi.org/10.1556/038.51.2016.2.9>
- Tóth M, Szarukán I, Nagy A, Furlan L, Benvegnù I, Rak Cizej M, Ábri T, Kéki T, Kőrösi S, Pogonyi A, Toshova T, Velchev D, Atanasova D, Kurtulus A, Kaydan BM, Signori A (2017). European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn., Lepidoptera: Crambidae): comparing the performance of a new bisexual lure with that of synthetic sex pheromone in five countries. *Pest Manag Sci* 73(12):2504–2508. <https://doi.org/10.1002/ps.4645>
- Williams CB (1940). An analysis of four years captures of insects in a light trap. Part II. The effect of weather conditions on insect activity; and the estimation and forecasting of changes in the insect population. *Trans Royal Entomol Soc London* 90(8):227–306. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.1940.tb03000.x>
- Witzgall P, Kirsch P, Cork A (2010). Sex pheromones and their impact on pest management. *J Chem Ecol* 36(1):80–100. <https://doi.org/10.1007/s10886-009-9737-y>
- Вестник защиты растений, 2020, 103(4), с. 269–273
- OECD+WoS: 1.06+1Y (Entomology) <https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-4-13989>

Краткое сообщение

СВЕТОДИОДЫ, СЕМИОХЕМИКИ ИЛИ ПОЛОВЫЕ ФЕРОМОНЫ: ИСПЫТАНИЯ НА АТТРАКТИВНОСТЬ ДЛЯ КУКУРУЗНОГО МОТЫЛЬКА В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ

А.Н. Фролов*, И.В. Грушевая, А.Г. Конончук

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

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

В двух географических пунктах Краснодарского края — пос. Ботаника Гулькевичского р-на (восточная подзона Центральной природно-экономической зоны Краснодарского края) и ст. Курчанская Темрюкского р-на (Анапо-Таманская природно-экономическая зона) на производственных посевах кукурузы проводили испытания снабженных различными приманками клеевых ловушек Дельта на аттрактивность для имаго кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* Hbn. В отличие от половых феромонов ловушки с бисексуальной приманкой (семиохемики фенилацетальдегид и 4-метокси-2-фенэтиловый спирт) и светодиодами отлавливали немалое количество самок, прогностическая ценность которых существенно выше таковой самцов. На посевах кукурузы близ пос. Ботаника ловушки с бисексуальной приманкой отлавливали бабочек вредителя почти в 20 раз интенсивнее половых феромонов, а со светодиодами — более чем в 70 раз. На кукурузных полях в окр. ст. Курчанская, где насыщенность севооборотов посевами кукурузы, так и численность вредителя были существенно ниже, семиохемики отлавливали бабочек кукурузного мотылька столь же слабо, как и половые феромоны, в отличие от светодиодов, привлекавших насекомых на порядок активнее. Результаты испытаний свидетельствуют о перспективности использования светодиодных ловушек для мониторинга кукурузного мотылька в современных экономических условиях, способствующих расширению территорий, предназначенных для производства зерна кукурузы.

Ключевые слова: аттрактивность, *Ostrinia nubilalis*, клеевая ловушка Дельта, бисексуальная приманка, светодиод, половой феромон

Поступила в редакцию: 25.09.2020

Принята к печати: 25.11.2020

LABORATORY ASSESSMENT OF THE SUITABILITY OF PREDATORY BUGS *ORIU* *LAEVIGATUS* AND *ORIU* *MAJUSCULUS* AS NATURAL ENEMIES OF SEED POTATO PESTS IN GREENHOUSES

I.M. Pazyuk*, N.V. Binitskaya

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

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

Laboratory experiments were performed to test *Orius majusculus* and *Orius laevigatus* suitability for potato protection. The adult bugs released on potato plants infested with *Myzus persicae* can normally survive, mature, and reproduce. In the absence of prey, the bugs can survive for about a week. And though addition of flower pollen increased survival, insect fecundity remained low. Only feeding by *Sitotroga cerealella* eggs added to potato plants provided for sustainable fecundity of *Orius* females laying up to 200 eggs during the lifetime. Thus, *O. majusculus* can be applied for biological control of aphids on seed potatoes in greenhouses and the grain moth eggs can be used as an additional food for the bugs.

Keywords: Anthocoridae, biological control, survival, fecundity, *Sitotroga*

Received: 22.09.2020

Accepted: 20.11.2020

Introduction

Potatoes are among the most important crop plants. The growing of virus-free seed potatoes from meristem culture in greenhouses is vitally important for the potato production in many countries (Chiipanthenga, Maliro, Demo & Njoloma, 2012). The production of seed potatoes requires various crop protection measures: using of geographically isolated seed production fields, removal of infected plants, crop borders, pesticides, and mineral oils (Boiteau & Singh, 1999; Boiteau, Singh & Lavoie, 2009). However, long-term use of pesticides can result in development of resistant pest populations (Giordanengo, Vincent & Alyokhin, 2012) and has a negative impact on greenhouse workers' health. Therefore, biological control of seed potato pests is particularly important nowadays.

The main component of the growing of virus-free seed potatoes is the control of virus vectors, particularly aphids, and the green peach aphid, *Myzus persicae* Sulz. is among the

most important virus vectors= (Loebenstein, Berger, Brunt & Lawson, 2001). In potato fields this aphid species co-occurs with a predatory bug *Orius tristicolor* White and population densities of the two insects are often positively correlated. Feeding of *O. tristicolor* on *M. persicae* has been observed also in laboratory (Hollingsworth & Bishop, 1982). Our previous research showed that beneficial bugs, in particular *O. majusculus* Reuter, cannot transmit potato Y virus (Pazyuk, Fominykh, 2019), confirming their suitability for the control of sucking pests on potatoes. The aim of this study was to evaluate the ability of two species of the same genus, *O. majusculus* and *Orius laevigatus* Fieber, to prey on the green peach aphid and to survive feeding on various other foods (flower pollen, the grain moth eggs) or without any additional food on seed potatoes in greenhouses.

Materials and Methods

The study was conducted with laboratory strains of *O. laevigatus* and *O. majusculus* originated from about 500 individuals purchased from Biobest in 1996 and in 2016, correspondingly. Both strains were reared in 0.5 l plastic containers on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) stems and fed on eggs of the grain moth (*Sitotroga cerealella* Oliv.). To obtain adults for the experiment, larvae of the 4–5 instars were individually placed in Petri dishes, fed on the same diet and daily checked for adult emergence. Emerging adults were paired and randomly selected for one of the 5 treatments differed only in diet: (1) bean leaves and grain moth eggs (this diet was used for mass rearing of both species and thus can be considered as positive control), (2) potato leaves, (3) potato

leaves and flower pollen (mix of *Taraxacum* sp., *Salix* sp., and *Tussilago* sp. collected less than 1 year before the experiment), (4) potato leaves and grain moth eggs, (5) potato leaves and green peach aphids *M. persicae*, which is a potential target of biological control in greenhouses. Every second day, fresh leaves and new food (always in excess) were provided and laid eggs were counted. Thus, for each female its pre-oviposition period, lifetime, and total fecundity were recorded. The experiment was performed in 5 replicates with a total of at least 15 females per each diet. For each parameter, replicate means were calculated and used as units for statistical analyses (ANOVA and the Tukey's HSD test).

Results and Discussion

Potatoes were a good host plant for both studied *Orius* species: with the same food (the grain moth eggs) all biological parameters were the same or even higher than those on beans which are commonly used for mass rearing of these predatory bugs (Fig.). Without any additional food, however, feeding on potatoes resulted in a sharp decrease in the lifetime and fecundity (*O. laevigatus* females did not lay eggs). An addition of pollen caused a marked increase in lifetime, but preoviposition period was longer and fecundity much lower than those of bugs fed on the grain moth eggs, although these differences were statistically significant only for *O. majusculus*. When fed on the optimal diet (potatoes and the grain moth eggs) *O. majusculus* showed the significantly faster maturation, longer lifetime, and higher fecundity than *O. laevigatus*.

It is known that *Orius* species can develop and reproduce when fed on pollen but their fecundity on this diet is much lower than that in case of feeding on animal prey (Cocuzza et al., 1997). Our data support this conclusion. Earlier pollen was used as an additional food for *O. laevigatus* released against *Frankliniella occidentalis* Pergande. In that case, not only predator, but also target prey, the western flower thrips, can feed on pollen (Skirvin, Kravar-Garde, Reynolds, Jones & De Courcy, 2006). Aphids, however, can not feed on pollen and thus in our case this problem is not relevant. It is known that *O. laevigatus* и *O. majusculus* can feed on various aphids (Hosseini et al., 2010, Hejzlar & Kabicek, 2000). Our study showed that *M. persicae* is also suitable for survival and reproduction of these predators.

To summarize, our data suggest that (1) *O. majusculus* can be considered as a potential agent for biological control of aphids on potatoes; (2) adults of this zoophytophagous bug released on potato plants infested with aphids can normally survive, mature, and reproduce; (3) in case of the absence of prey, the bugs can survive for some time (about a week) feeding on potatoes; (4) the adding of flower pollen markedly increases the survival but female fecundity remains very low; (5) *O. majusculus* females feeding on the grain moth eggs spread over potato plants show even higher fecundity than those feeding on the same eggs spread over common beans which are used for mass rearing of this bug.

Acknowledgements. The authors thank S. Ya. Reznik (Zoological Institute, St. Petersburg, Russia) for the assistance in statistical analysis.

References

- Boiteau G, Singh M, Lavoie J (2009) Crop border and mineral oil sprays used in combination as physical control methods of the aphid-transmitted potato virus Y in potato. *Pest Manag Sci* 65:255–259. <https://doi.org/10.1002/ps.1679>
- Boiteau G, Singh RP (1999) Field assessment of imidacloprid to reduce the spread of PVY and PLRV in potato. *Am J Potato Res* 76:31–36. <https://doi.org/10.1007/BF02853555>
- Chiipanthenga M, Maliro M, Demo P, Njoloma J (2012) Potential of aeroponics system in the production of quality potato (*Solanum tuberosum* L.) seed in developing countries. *Am J Biotechnol* 11:3993–3999. <https://doi.org/10.5897/AJB10.1138>
- Cocuzza G. E, De Clercq P, Van de Veire M, De Cock A et al (1997) Reproduction of *Orius laevigatus* and *Orius albidipennis* on pollen and *Ephestia kuehniella* eggs. *Entomol Exp Appl* 82:101–104. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1997.00118.x>
- Giordanengo Ph, Vincent Ch, Alyokhin A (2012) Insect Pests of Potato: Global Perspectives on Biology and Management. Oxford:Elsevier. 579 p.

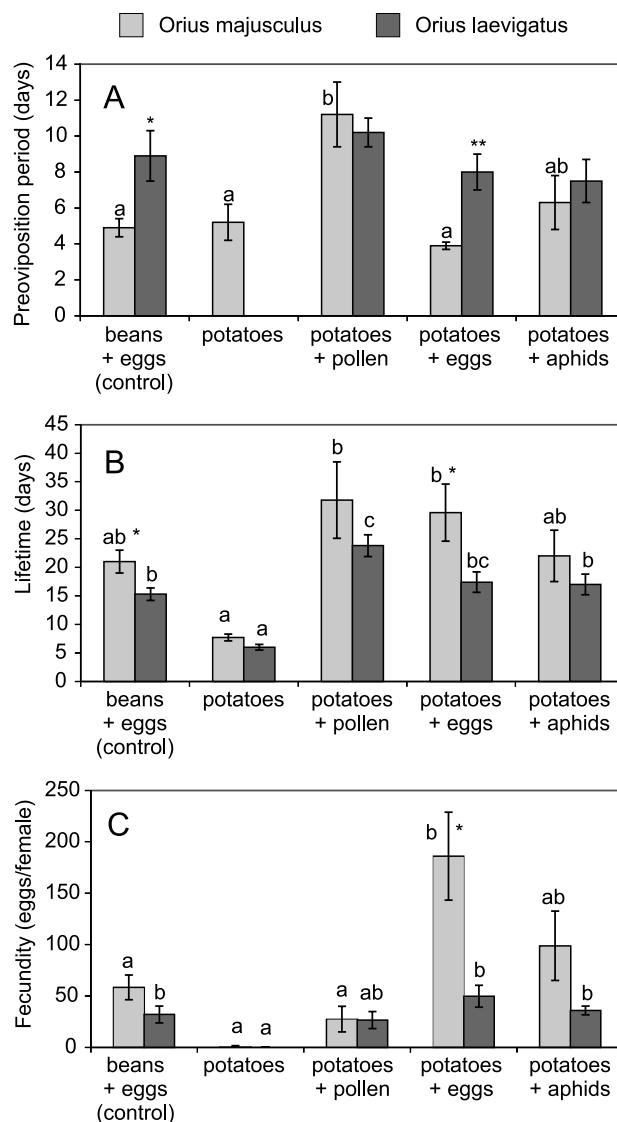


Figure. Influence of diet on preoviposition period (A), lifetime (B), and fecundity (C) of *Orius laevigatus* and *O. majusculus* females. Bars of the same pattern with different letters indicate significant ($p < 0.05$) difference between values for the same species on different diets (absence of letters means absence of significant differences). Asterisks above the bars mean significant difference between the values for the different species on the same diet (* – $p < 0.05$, ** – $p < 0.01$)

- Hejzlar P. A. E. L., Kabicek J (2000) The nymphal development of the predatory bug *Orius majusculus* (Reuter) (Heteroptera: Anthocoridae) reared on four aphid species. *Plant Protect Sci* 36:91–94
- Hollingsworth CS, Bishop GW (1982) *Orius tristicolor* (Heteroptera: Anthocoridae) as a predator of *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) on potatoes. *Environ Entomol* 11:1046–1048. <https://doi.org/10.1093/ee/11.5.1046>
- Hosseini M, Ashouri A, Enkegaard A, Weisser WW et al (2010) Plant quality effects on intraguild predation between *Orius laevigatus* and *Aphidoletes aphidimyza*. *Entomol Exp Appl* 135:208–216. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2010.00982.x>
- Loebenstein G, Berger PH, Brunt AA, Lawson RH (2001). *Virus and Virus-like Diseases of Potatoes and Production of Seed-Potatoes*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Pazyuk IM, Fominykh TS (2019) The evaluation of potato virus Y transfer by some beneficial bugs (Hemiptera: Heteroptera) *Biodiversitas* 20(4):1222–1227. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200439>
- Skirvin D, Kravar-Garde L, Reynolds K, Jones J et al (2006) The influence of pollen on combining predators to control *Frankliniella occidentalis* in ornamental chrysanthemum crops. *Bioc Sci and Tech* 16:99–105. <https://doi.org/10.1080/09583150500258636>

Вестник защиты растений, 2020, 103(4), с. 274–276

OECD+WoS: 1.06+IY (Entomology)

<https://doi.org/10.31993/2308-6459-2020-103-4-13984>

Краткое сообщение

ЛАБОРАТОРНАЯ ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ХИЩНЫХ КЛОПОВ *ORIVS LAEVIGATUS* И *ORIVS MAJUSCULUS* В КАЧЕСТВЕ ЭНТОМОФАГОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА СЕМЕННОМ КАРТОФЕЛЕ В ТЕПЛИЦАХ

И.М. Пазюк*, Н.В. Бинитская

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург

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

Лабораторные эксперименты показали, что имаго *Orius majusculus* и *Orius laevigatus* выпущенные на растения картофеля, заселенные тлей *Myzus persicae*, способны к выживанию, взрослению и репродукции. В отсутствие жертв клопы могли выживать в течение недели, однако, хотя при добавлении цветочной пыльцы улучшалась выживаемость хищников, плодовитость имаго оставалась на низком уровне. Лишь при питании на яйцах зерновой моли *Sitotroga cerealella*, дополнительно наносимых на растения картофеля, самки ориусов были способны реализовать свой репродуктивный потенциал, откладывая до 200 яиц в течение жизни. Таким образом, хищный клоп *O. majusculus* может быть использован для биологической защиты на семенном картофеле в теплицах. Яйца зерновой моли могут использоваться в качестве дополнительной подкормки для хищных клопов.

Ключевые слова: Anthocoridae, биологическая защита растений, плодовитость, выживаемость, *Sitotroga*

Поступила в редакцию: 22.09.2020

Принята к печати: 20.11.2020

О ПРОШЕДШИХ МЕРОПРИЯТИЯХ PAST CONFERENCES



08.10.2020 прошла онлайн встреча руководящей группы Программы приграничного сотрудничества России и Финляндии по проекту «Экологически безопасное умное органическое земледелие». <https://www.sefrcbc.fi/>

С 7 по **9.10.2020** прошел в онлайн-формате технический воркшоп Глобальной Инициативы Бурлага по ржавчине – Bourlag Global Rust Initiative (BGRI). <https://bgri.cornell.edu/2020-bgri-technical-workshop/>

С 10 по **13.10.2020** в формате телеконференции прошла 13 панельная встреча EPPO/IOBC, посвященная агентам биологической борьбы. https://www.eppo.int/MEETINGS/2020_meetings/p_biocontrol

15.12.2020 организован онлайн семинар «Новые возможности в углублении двустороннего делового сотрудничества между Китаем и субъектами консульского округа Генконсульства КНР в СПб в новой эпохе». В разделе сотрудничества в научно-технической сфере В.А. Павлюшин выступил с докладом «Приоритетные направления научно-технического сотрудничества в биологической защите растений и биологизации сельского хозяйства между Китаем и Россией».

«ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ» В 2019-2020 ГГ. PLANT PROTECTION NEWS: JOURNAL IN 2019-2020

В конце 2018 года для укрепления имиджа журнала и повышения уровня его интеграции в мировое научное пространство были начаты реформы, включающие принятие новой политики, порядка рецензирования и этических принципов. Согласно новому Положению, журнал претендует на статус издания международного уровня, в котором публикуются только новые, достоверные, качественно изложенные результаты исследований по актуальным темам, интересным широкому кругу специалистов по всему миру. Концепция развития издания полагает основной целью позиционирование журнала как самого авторитетного в России периодического научного издания по защите растений. В соответствии с новыми правилами, рецензирование каждой рукописи в 2019-2020 годах проводилось 2-4 независимыми экспертами. Публикация материалов как на русском, так и на английском языках позволила привлечь к рецензированию специалистов ведущих научных организаций не только России, но и других стран – Беларуси, Казахстана, Молдовы, Узбекистана, Болгарии, Норвегии, Финляндии, Аргентины. Доля англоязычных статей, опубликованных в журнале, увеличилась с 7 % в 2019 г. до 18 % в 2020 г. Принимаемые к рассмотрению рукописи проверяются на корректность оформления заимствований в соответствии с общепринятыми правилами, также проводится ретроспективный анализ опубликованных работ с целью выявления множественных публикаций и других форм некорректных заимствований, по мере необходимости проводится ретракция статей, нарушающих этические принципы. При этом на высоком уровне сохраняется активность ведущих специалистов ФГБНУ ВИЗР как авторов существенной доли материалов, публикуемых изданием. И хотя по сравнению с 2018 г. количество научных работ, опубликованных в 2019 г., сократилось почти в 2 раза (с 54 до 30), такой интегральный показатель, как

двухлетний импакт-фактор по ядру РИНЦ, с 2016 по 2018 гг. колебавшийся в пределах от 0.118 до 0.130, в 2019 г. достиг значения 0.258.

За прошедшие два года внесены изменения в правила подачи и требования к оформлению рукописи, в 2020 году для подачи и редакционной обработки рукописей запущена система электронного редактирования на платформе OJS 3.1.1. Продолжена политика открытого доступа в рамках модели Golden Open Access, подразумевающей неограниченный доступ ко всем публикуемым материалам непосредственно после их публикации; при этом все расходы, связанные с публикацией материалов, несет издатель - Всероссийский институт защиты растений. Издание зарегистрировано в Каталоге научных ресурсов открытого доступа Directory of Open Access Scholarly Resources (ROAD). Для однозначной идентификации, повышения заметности и доступности, научные статьи индексируются в базе библиографических ссылок CROSSREF путём присвоения цифрового идентификатора объекта (DOI).

Ротация, проведенная в течение 2020 года, позволила расширить географический охват состава редакционной коллегии. Ряды её членов пополнили специалисты в области сельскохозяйственной энтомологии - профессор Университета Мэна А. Алёхин (США), биоинформатики и популяционной генетики - профессор Университета Тель-Авива Е. Косман (Израиль), фитопатологии и защиты растений от болезней - профессор РУДН А.Н. Игнатов (Москва) и руководитель лаборатории газонных трав Норвежского института биоэкономики Т. Эспеви́г (Норвегия).

Таким образом, научно-теоретический журнал «Вестник защиты растений» продолжает развитие в направлении выбранной цели – достичь мирового уровня в своей области по качеству публикуемого научного материала.

НАУКОМЕТРИЧЕСКИЕ БАЗЫ ДАННЫХ SCIENTOMETRIC DATABASES

В мире существуют различные наукометрические системы и базы данных, но среди наиболее важных следует в первую очередь отметить Web of Science и SCOPUS. Помимо основной задачи – сбора и анализа информации, важная составляющая указанных систем заключается в рейтинговой оценке научных изданий, позволяющей ранжировать их по наиболее важным библиометрическим показателям, таким как импакт-фактор, и в частности, разделить на квартили, от первого **Q1** до четвертого **Q4** (по убыванию рейтинга), в определённых категориях знаний.

SCOPUS (<https://www.scopus.com>) – это продукт компании Elsevier. В свою очередь, Elsevier — это один из четырёх крупнейших научных издательских домов мира, который ежегодно выпускает около четверти всех статей из издаваемых в мире научных журналов. Основан в 1880 году в Амстердаме (Нидерланды), имеет филиалы в Великобритании, США, Бразилии и других странах. Русскоязычный сайт компании: <https://www.elsevier.com/ru>. В таблице 1 приведён ряд издательств, индексируемых в SCOPUS.

Таблица 1. Издательства международных научных журналов, индексируемых в базе Scopus

№ пп	Издательство	Адрес, website	Год основания	Год самой ранней публикации в Scopus	Количество журналов, индексируемых в Scopus
1	^{t,oa} Elsevier	Нидерланды, Амстердам https://www.elsevier.com	1880	1823	3563
2	^{t,oa} Springer Nature	Германия, Берлин https://www.springernature.com	2015	1869	3127
3	^{t,oa} Taylor & Francis	Великобритания, Лондон https://taylorandfrancis.com	1852	1852	2995
4	^{t,oa} Wiley-Blackwell	Великобритания, Чичестер https://www.wiley.com	2007	1924 *	1941
5	^{t,oa} Brill	Нидерланды, Лейден https://brill.com	1683	1948 *	459
6	^{t,h,oa} Cambridge University Press	Великобритания, Кембридж https://www.cambridge.org	1534	1938 *	397
7	^{t,oa} Oxford University Press	Великобритания, Оксфорд https://global.oup.com	1586	1904 *	387
8	^{oa} Multidisciplinary Digital Publishing Institute MDPI	Швейцария, Базель https://www.mdpi.com	1996	1995	145
9	Science Press	Китай, Пекин	?	1970	112
10	Izdatel'stvo Nauka	Россия, Москва https://naukapublishers.ru	1727	1945	71
11	^{t,oa} CSIRO Publishing	Австралия, Виктория https://www.publish.csiro.au	1995	1901	39
12	^{t,h,oa} American Society Microbiology	США, Вашингтон https://asm.org	?	1945	25
13	Russian Academy Sciences	Россия, Москва	1923	1960	10
14	Izdatel'stvo Sibirskogo Otdeleniya RAN Publishing House Russian Academy Sciences	Россия, Новосибирск	1994	1969	5
15	^{t,h,oa} Microbiology Society	Великобритания, Лондон https://microbiologysociety.org	1945	1967	5
16	KMK Scientific Press Ltd.	Россия, Москва http://avtor-kmk.ru/	1992	2011	4
17	^h American Phytopathological Society	США, Сент-Пол https://apsjournals.apsnet.org	1908	1946	4
18	^h Frontiers Bioscience	США, Ирвин https://bioscience.org	1996	1996	3
19	^t Magnolia Press	Новая Зеландия, Окленд https://www.mapress.com	?	2005	2

Типы издательств отмечены верхними индексами:

^tтрадиционное издательство – издательство, журналы которого распространяются по подписке;

^hгибридное издательство – издательство, журналы которого распространяются по подписке, но некоторые статьи распространяются по принципу открытого доступа;

^{oa}издательство открытого доступа – издательство, журналы которого распространяются бесплатно для читателей.

* – самая ранняя публикация, которую удалось найти при беглом просмотре. Случаи, когда к издательствам относят журналы более раннего происхождения, чем год основания издательства, связаны с объединением разных изданий или издательств.

В настоящее время из 71, представленного в базе Scopus, журнала издательства «Наука», индексируются только 13 журналов, среди них по теме защиты растений: «Микология и фитопатология», «Зоологический журнал» и «Russian Journal of Forest Science». Из 10 журналов РАН индексируются только 5, среди них по теме биологии: «Молекулярная биология» и «Цитология». Только 1 журнал («Криосфера Земли») издательства СО РАН индексируется в базе на текущий момент. Товарищество научных изданий КМК (KMK Scientific Press Ltd.) издаёт 4 индексируемых в Scopus журнала: «Arthropoda Selecta» и «Russian Journal of Theriology» (с 2011); «Invertebrate Zoology» и «Russian Entomological Journal» (с 2015). К

счастью, этим список Российских издательств, представленных в SCOPUS, не ограничивается. Большинство отечественных журналов индексируются в четвертом квартале, «Успехи физических наук» в первом, «Молекулярная биология» (<http://www.molecbio.ru/?view=ru>) и «Вавилонский журнал генетики и селекции» (<http://www.bionet.nsc.ru/vogis>) – в третьем.

Ниже приведён пример поиска журналов по теме Agricultural and Biological Sciences. Пользуясь данной системой, можно отобразить общее количество журналов по данной теме (их 2921), либо выбрать отдельные категории с помощью фильтров.

Отрасль знаний
 Тема: Agricultural And Biological Sciences

Улучшенный Citescore
 Ранее мы обновили методику расчета рейтинга CiteScore, чтобы сделать показатель оценки влияния исследования более надежным, стабильным и полным. Обновленная методика будет применяться для расчета рейтинга CiteScore, а также будет задним числом применена ко всем предыдущим годам, для которых вычислялся CiteScore (т.е. 2018, 2017, 2016...). Старые значения CiteScore удалены и больше не доступны. [Посмотреть методику CiteScore.](#)

Фильтровать уточненный список

Варианты отображения

Отображать только журналы с открытым доступом

Кол-во за 4-летний период

Минимум не выбран

Минимум цитирований

Минимум документов

Максимальный квартиль рейтинга Citescore

Показывать только названия.

Результатов: 2 921

[Скачать список источников Scopus](#) [Подробнее о списке источников Scopus](#)

Все

Посмотреть параметры за год: 2019

	Название источника ↓	CiteScore ↓	Наивысший процентиль ↓	Цитирования 2016-19 ↓	Документы 2016-19 ↓	% цитирования ↓
<input type="checkbox"/> 1	Annual Review of Plant Biology	32.8	99% 1/431 Plant Science	3 507	107	94
<input type="checkbox"/> 2	Fungal Diversity	29.1	99% 1/629 Ecology, Evolution, Behavior and Systematics	2 615	90	94
<input type="checkbox"/> 3	Molecular Biology and Evolution	25.9	99% 1/629	26 073	1 006	86

В частности, можно отфильтровать журналы определённого квартиля:

Фильтровать уточненный список

Варианты отображения

Отображать только журналы с открытым доступом

Кол-во за 4-летний период

Минимум не выбран

Минимум цитирований

Минимум документов

Максимальный квартиль рейтинга Citescore

Показывать только названия, относящиеся к верхним 10 процентам

1-й квартиль

2-й квартиль

3-й квартиль

4-й квартиль

Тип источника

Журналы

Книжная серия

Результатов: 632

[Скачать список источников Scopus](#) [Подробнее о списке источников Scopus](#)

Все

Посмотреть параметры за год: 2019

	Название источника ↓	CiteScore ↓	Наивысший процентиль ↓	Цитирования 2016-19 ↓	Документы 2016-19 ↓	% цитирования ↓
<input type="checkbox"/> 1	Annual Review of Plant Biology	32.8	99% 1/431 Plant Science	3 507	107	94
<input type="checkbox"/> 2	Fungal Diversity	29.1	99% 1/629 Ecology, Evolution, Behavior and Systematics	2 615	90	94
<input type="checkbox"/> 3	Molecular Biology and Evolution	25.9	99% 2/629 Ecology, Evolution, Behavior and Systematics	26 073	1 006	86
<input type="checkbox"/> 4	Annual Review of Entomology	25.8	99% 1/142 Insect Science	2 634	102	96
<input type="checkbox"/> 5	Trends in Plant Science	22.5	99% 2/431 Plant Science	7 473	332	92
<input type="checkbox"/> 6	Trends in Ecology and Evolution	22.3	99% 4/629 Ecology, Evolution,	6 733	302	91

Преимущества SCOPUS в том, что организации и авторы чётко идентифицированы, журналы группируются по издательствам. Недостатки связаны с тем, что нельзя проанализировать группу организаций, только каждую организацию по отдельности, кроме того, нет возможности

отфильтровать список источников по странам.

В таблице 2 приведены сведения о количестве публикаций, проиндексированных в SCOPUS на примере семи научных организаций, связанных с защитой растений, для каждой из которых проводился отдельный поиск.

Таблица 2. Количество документов в базе Scopus некоторых научных организаций, работающих в сфере защиты растений

№ пп	Организация	Общее количество документов
1	Plant Protection Institute Main building, Herman Ottó út 15., Budapest Hungary	1856
2	All-Russian Institute of Plant Protection Podbelskogo, 3, Pushkin, Saint Petersburg (ex Leningrad) Russian Federation	794
3	N.I. Vavilov All-Russian Research Institute of Plant Genetic Resources 42 Bolshaya Morskaya St., 44, Saint Petersburg (ex Leningrad) Russian Federation	783
4	All-Russian Research Institute of Agricultural Microbiology Podbelskogo sh., 3, Saint Petersburg (ex Leningrad) Leningard Oblast, Russian Federation	663
5	All-Russian Phytopathology Research Institute rp Big Vyazemy, st. Institute, possession 5, Odintsovo Moscow Oblast, Russian Federation	484
6	All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection Vavilova, 39, Krasnodar Krasnodar Krai, Russian Federation	66
7	Institute of Plant Protection of the National Academy of Sciences of Belarus 2 Mira Street, Priluki Village Minsk Oblast, Belarus	27

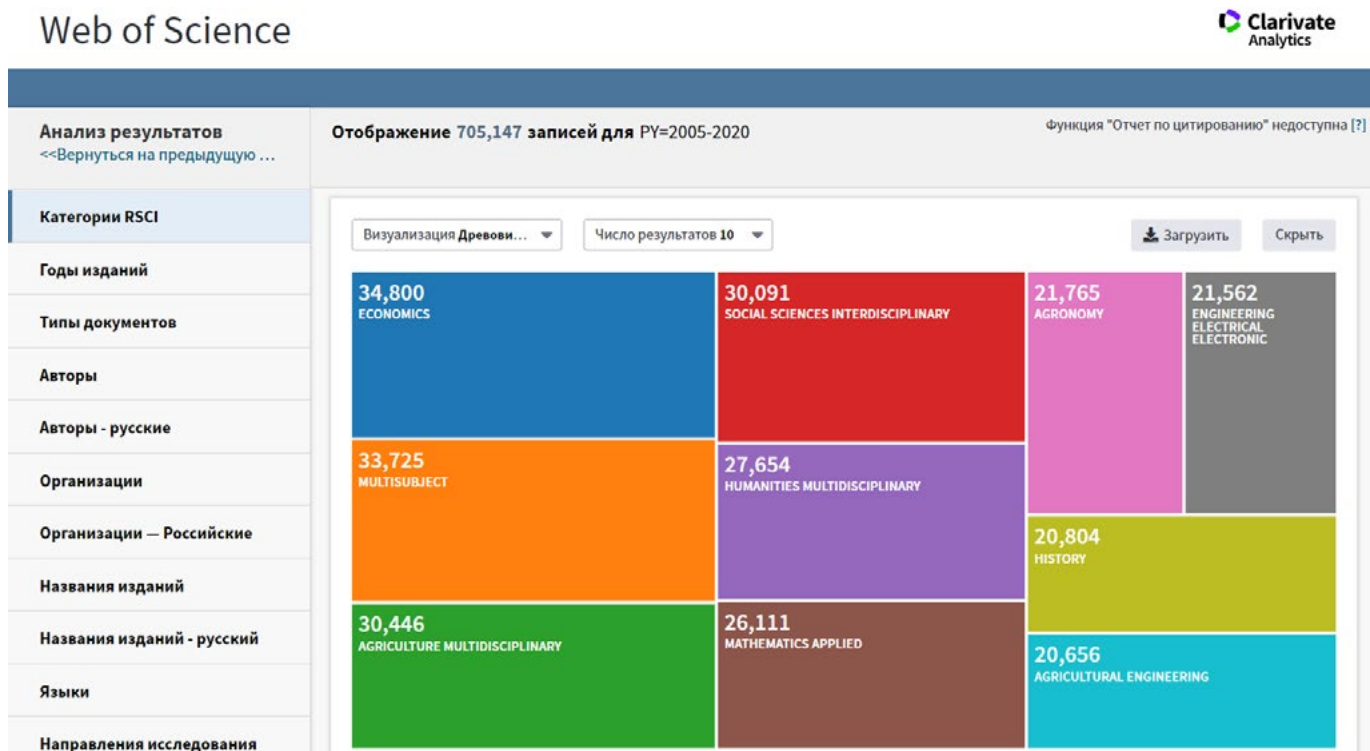
Web of Science (<http://webofknowledge.com>) – продукт компании Clarivate. Clarivate Analytics –независимая (в том смысле, что не имеет своего издательства, в отличие от компании Elsevier) американская компания, основанная в 2016 году, управляющая базами данных, информационными системами и коллекциями по интеллектуальной собственности, финансируется на основе подписки к её услугам. Компания ориентирована на проведение научных и академических исследований, патентный анализ и правовое регулирование, фармацевтические и биотехнологические исследования, охрану товарных знаков, защиту брендов и интеллектуальной собственности. Русскоязычный сайт компании: <https://clarivate.com/ru>. До 2016 года интеллектуальная собственность компании принадлежала Thomson Reuters, которая была основана в 2008 г. Однако история Web of Science началась ещё в 1964 с первого в мире индекса научного цитирования Science Citation Index, который выпускал Institute of Scientific Information (ISI), работавший под началом основоположника наукометрии Юджина Гарфилда.

Международная платформа научной информации Web of Science, имеет собственную центральную коллекцию (Core Collection), куда входят журналы **Q1-Q4**, издания без квартильной принадлежности (Emerging Sources Citation Index), а также избранные собрания материалов конференций (Conference Proceedings Citation Index), монографии

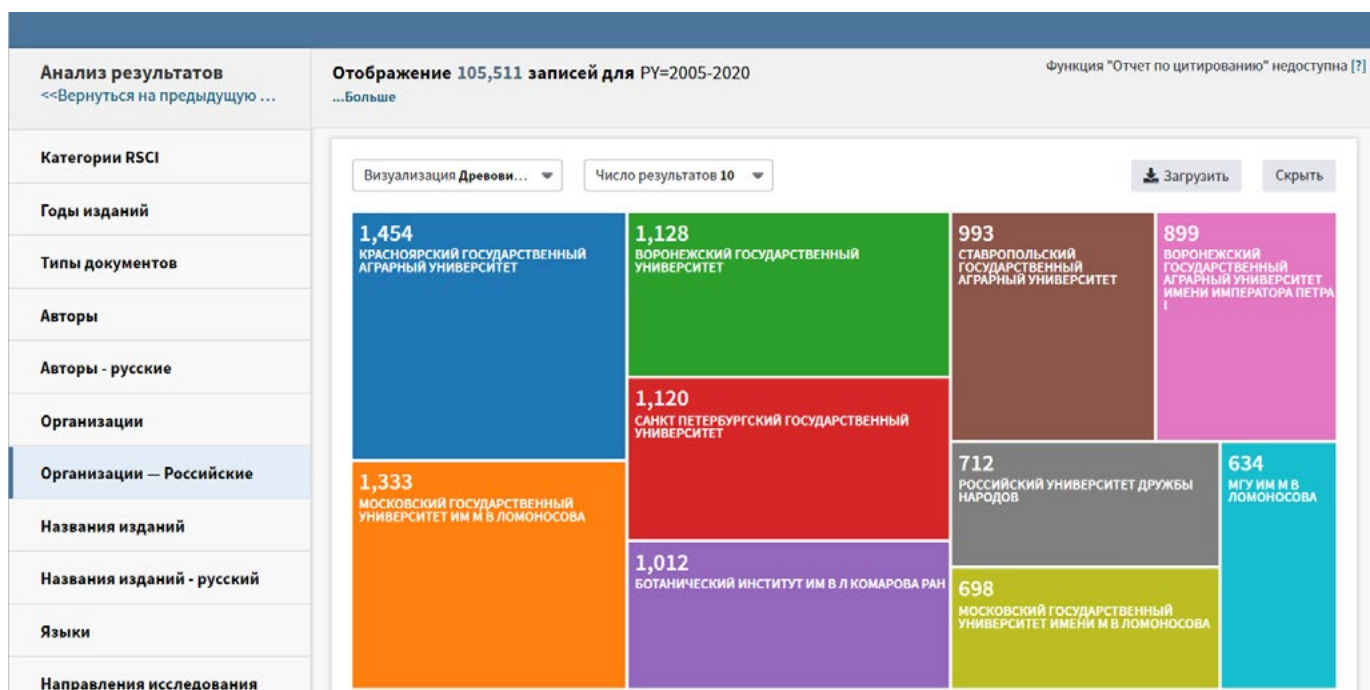
(Book Citation Index) и т.п. Помимо этого, платформа объединяет различные специализированные или национальные библиометрические базы данных, в том числе Russian Science Citation Index (RSCI) – российский индекс цитирования, созданный компаниями Clarivate Analytics и Национальная Электронная Библиотека (eLibrary) в рамках поддержки национального проекта «Наука» и решения задачи по повышению уровня отечественных научных журналов Российской Академии Наук.

На сегодняшний день RSCI содержит более 730 ведущих российских журналов по всем научным направлениям, отобранных редакционной коллегией в составе представителей Российской Академии Наук, ведущих университетов страны и представителей научной общественности (<https://www.clarivate.ru/products/web-of-science-rsci>). База наполняется публикациями, изданными на русском языке не только в России, но и в других странах, начиная с 2005 г., но, поскольку, мировое научное сообщество крайне редко публикует статьи на русском языке, RSCI не позволяет оценить долю вклада трудов русского научного сообщества в мировое. Удивительно, что почти во всех странах мира, кроме России, база RSCI включена в национальную подписку Web of Science. В научных организациях Российской Федерации и сопредельных стран тестовый доступ к RSCI был открыт с 26.10.2020 по 31.12.2020.

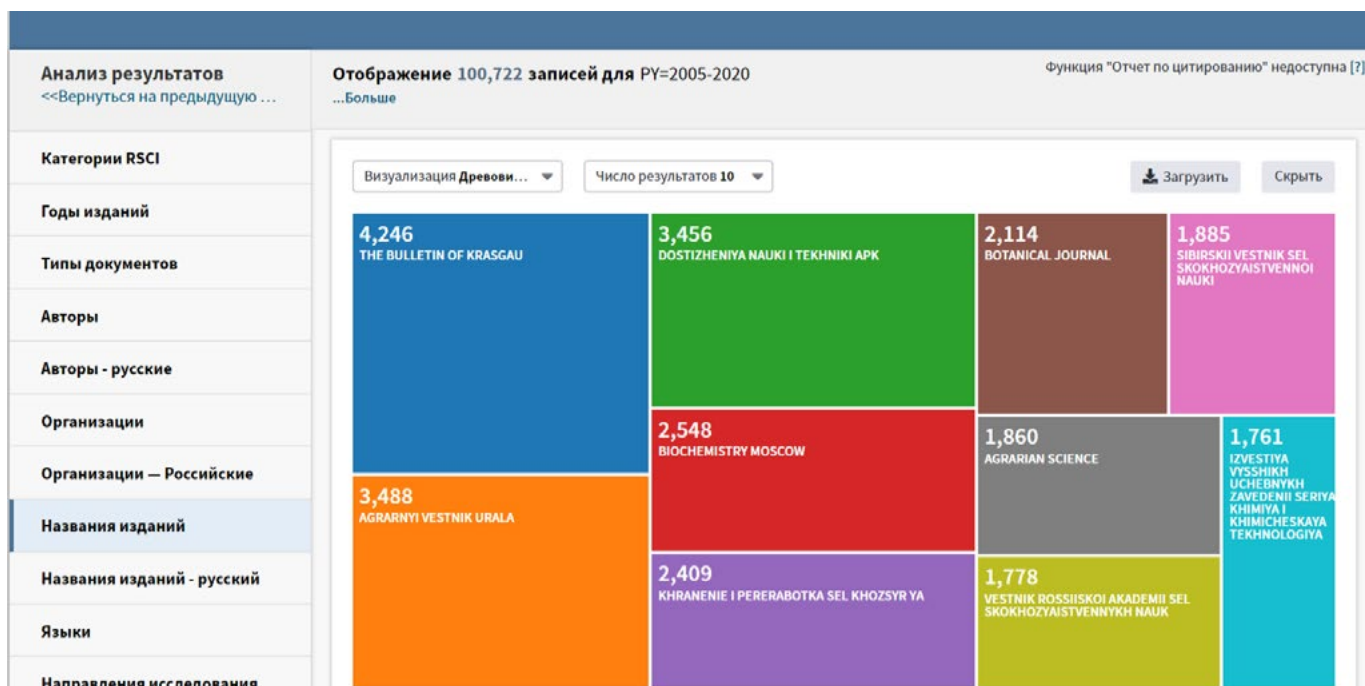
С помощью опции анализа результатов общее количество публикаций можно разделить по категориям, отображаемым в порядке наполнения (количества публикаций в категории). Отрадно, что Agriculture Multidisciplinary в этом списке на третьем месте:



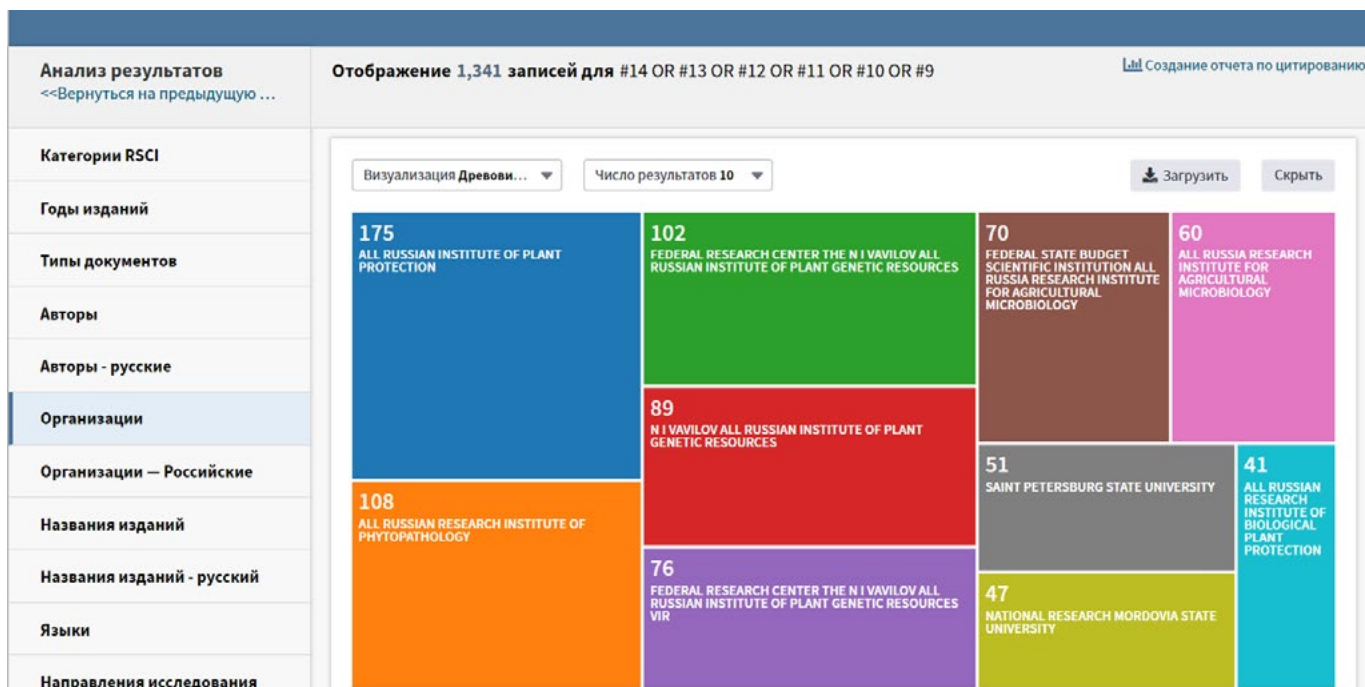
Отфильтровав список записей по интересующим пользователя тематикам, например, сельскохозяйственного и биологического направления, можно увидеть организации-лидеры, публикующие наибольшее количество статей в данных категориях:



Выбрав фильтр «Названия изданий», можно увидеть топовые издания в той же области сельскохозяйственных и биологических наук.

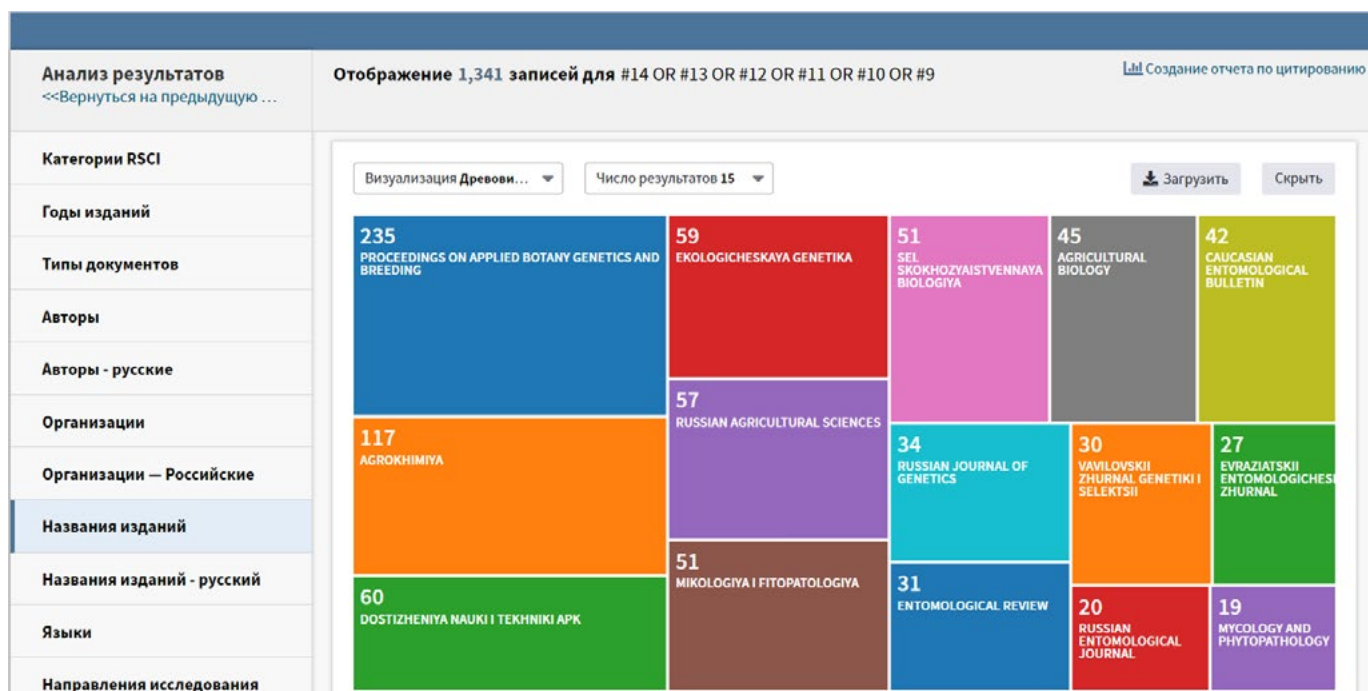


Для создания следующего отчёта использовался расширенный поиск по базе RSCI (с объединением результатов поиска на русском и английском языках) нескольких выбранных организаций, занимающихся исследованиями в области защиты растений. При этом в результаты анализа могут попасть другие учреждения (которые не были выбраны при первичном поиске) из-за наличия совместных публикаций с целевыми объектами исследования.



Наглядны технические несовершенства базы (разбиение Института генетических ресурсов растений на 3 группы и Института сельскохозяйственной микробиологии на 2 группы), связанные с проблемами идентификации организаций из-за их различного написания, а также переименований. В SCOPUS данная проблема давно решена и не доставляет неудобств пользователям.

Дальнейший анализ позволяет оценить наиболее актуальные направления исследований и издания, в которых публикуются работы изучаемых организаций:



RSCI индексирует большее количество русских журналов, чем SCOPUS. Министерство науки и высшего образования в настоящее время использует индексацию в Web of Science Core Collection, RSCI и SCOPUS как основу для расчёта комплексного балла публикационной активности организаций (<https://xn--mlagf.xn--plai/events/obnovlenamethodika-rascheta-pokazatelya-gosudarstvennogo-zadaniya-kompleksnyu-ball-publikatsionnoy-r/>). При этом формально статус статей в журналах, индексируемых в Web of Science RSCI, методикой расчёта приравнивается к

статьям в журналах из Emerging Sources Citation Index и SCOPUS (без учёта квартильной принадлежности). Однако надо понимать, что это – всего лишь политический ход для поддержания отечественных изданий за счёт привлечения российских авторов (по крайней мере, тех, для кого эта методика имеет значение). Для повышения статуса журналов на международном уровне первоочередное значение имеет индексация Web of Science Core Collection или SCOPUS.

ОБЪЯВЛЕНИЕ О РЕТРАКЦИИ РУКОПИСИ

ОТЗВАНО: Фасулати СР, Иванова ОВ (2019) Сравнительная повреждаемость сортов картофеля личинками жуков-щелкунов в различных агроэкологических условиях. *Вестник защиты растений* 2(100):33-40 [https://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-2\(100\)-33-40](https://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-2(100)-33-40)

Данная рукопись отозвана редакцией по согласованию с автором, ответственным за переписку, в соответствии с этическими принципами журнала, по причине дублирования материалов, представленных как оригинальное исследование, в научной статье, опубликованной ранее: Фасулати и др. (2019) *Журнал эволюционной физиологии и биохимии* 55(3):223-225. <http://doi.org/10.1134/S0044452919030057>

40

Фасулати С.Р., Иванова О.В. / Вестник защиты растений 2(100) – 2019, с. 33–40

Plant Protection News, 2019, 2(100), p. 33–40

OECD+WoS: 1.06+IY

[http://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-2\(100\)-33-40](http://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-2(100)-33-40)

Full-text article

THE COMPARATIVE STUDY OF THE POTATO VARIETIES DAMAGE BY THE CLICK BEETLES LARVAE IN DIFFERENT AGROECOLOGICAL CONDITIONS

S.R. Fasulati*, O.V. Ivanova

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

*corresponding author; e-mail: fasulatiser.spb@mail.ru

Some ecology and feeding specialization features of click beetles larvae known as the “wireworms”, with larvae of the field click beetle *Agriotes lineatus* L. (Coleoptera, Elmidae) as a model object, have been studied. It has been shown that the potato variety peculiarities are among the major factors determining the behavior of wireworms in the food foraging and searching for available water sources. Moreover, the tubers infected by phytopathogens at the early stages of pathogenesis, are more attractive for wireworms. Among the exogenous natural factors, the plants-precursors and the soil humidity regime in its seasonal dynamics have the most significant influence on the ways of potato plantations colonization by click beetle larvae and on the migrating activity of this species. These factors should be considered for choosing the conditions, methods and the selection criteria for the potato varieties least-damaged by wireworms. In the field conditions, such selection is possible on the experimental plot with the uniform natural colonization by the pests with high or medium density of their population, using the following main criteria for the each variety: 1) a percent of damaged tubers; 2) a total number of tunnels (“worm-holes”); 3) a mean number of tunnels per 1 damaged tuber. For the laboratory evaluation of potato varieties, the non-infected tubers only are suitable. According to the data of annual research of 20–40 potato varieties in 2009–2018 on the experimental fields of VIZR in Pushkin (SPb.) and in Tosno District of the Leningrad Region, the Nayada, Anis Parus, Liga and Svitanok kievskiy varieties have the group resistance to the wireworms and to the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae), whereas the Nevsky variety is among the most intensively damaged by both pests.

Key words: potato, variety, tuber, pest, click beetles larvae, wireworms, worm-hole, damaging, soil, humidity

Received: 27.03.2019

Accepted: 30.05.2019

ANNOUNCEMENT ON ARTICLE RETRACTION

RETRACTED: Fasulati SR, Ivanova OV (2019) the comparative study of the potato varieties damage by the click beetles larvae in different agroecological conditions. *Vestnik Zashchity Rasteniy* [Plant Protection News] 2(100):33-40 [https://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-2\(100\)-33-40](https://doi.org/10.31993/2308-6459-2019-2(100)-33-40)

The article has been retracted by the Editorial Office upon agreement with the corresponding author in accordance with Ethical regulations of the Journal. The reason for retraction is that the information presented herein as original data has been published previously: Fasulati et al. (2019) *J Evol Biochem Physiol* 55(3):223-225. <http://doi.org/10.1134/S0044452919030057>

СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА "ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ" ЗА 2020 ГОД (ТОМ 103, ВЫПУСКИ 1–4)

PLANT PROTECTION NEWS, CONTENTS OF 2020 (VOLUME 103, ISSUES 1–4)

Выпуск 1 (Issue 1)

Предисловие к 103 тому	
Preface to the Volume 103	4
<i>Полнотекстовые обзоры / Full-text reviews</i>	
Формирование ассортимента химических средств защиты растений от вредителей в XX веке	
Г.И. Сухорученко, Л.А. Буркова, Г.П. Иванова, Т.И. Васильева, О.В. Долженко, С.Г. Иванов, В.И. Долженко	
The assortment formation of chemical means of pest control in the XX century	
G.I. Sukhoruchenko, L.A. Burkova, G.P. Ivanova, T.I. Vasilyeva, O.V. Dolzhenko, S.G. Ivanov, V.I. Dolzhenko	5
<i>Полнотекстовые статьи / Full-text articles</i>	
Научные основы построения интеллектуальных систем для точного земледелия	
В.П. Якушев, В.В. Якушев, С.Ю. Блохина	
Scientific background of intellectual system development for precision agriculture	
V.P. Yakushev, V.V. Yakushev, S.Yu. Blokhina	25
<i>Краткие сообщения / Short Communications</i>	
Распространение резистентности к инсектицидам в сибирских популяциях колорадского жука в связи с территориальной экспансией вредителя	
Г.В. Беньковская, И.М. Дубовский	
Spreading of Colorado potato beetle resistance to chemical insecticides in Siberia and history of its settling in the secondary area	
G.V. Benkovskaya, I.M. Dubovskiy	37
Олеандровая щитовка <i>Aspidiotus nerii</i> в оранжерее Полярно-альпийского ботанического сада	
Н.С. Рак, С.В. Литвинова	
<i>Aspidiotus nerii</i> Bouche in greenhouse of the Polar-Alpine botanical garden-institute	
N.S. Rak, S.V. Litvinova	40
Оценка радиуса действия феромонного препарата коричнево-мраморного клопа <i>Halyomorpha halys</i>	
Е.В. Синицына, Н.М. Атанов	
Evaluation of the working radius of pheromone preparations for the brown marmorated stink bug <i>Halyomorpha halys</i>	
E.V. Sinitsyna, N.M. Atanov	44
Detection of <i>Wolbachia</i> in larvae of <i>Loxostege sticticalis</i> (Pyraloidea: Crambidae) in European and Asian parts of Russia	
Ю.М. Малыш, С.М. Малыш, Д.С. Киреева, А.Г. Конончук, М.А. Деменкова	
Обнаружение <i>Wolbachia</i> в гусеницах <i>Loxostege sticticalis</i> (Pyraloidea: Crambidae) в европейской и азиатской частях России	
Ю.М. Малыш, С.М. Малыш, Д.С. Киреева, А.Г. Конончук, М.А. Деменкова	49
Научные мероприятия в 2020 году	
Scientific Events in 2020	53
Положениео периодическом издании – научном журнале «Вестник защиты растений»	
Declaration of the Journal “Plant Protection News”	56
Изменения в правилах для авторов	60
Changes to Guides for Authors	60

Выпуск 2 (Issue 2)

*Полнотекстовые обзоры / Full-text reviews***Пищеварительные гидролазы хлебных клопов: свойства, значение и возможные пути ограничения их активности**

А.В. Конарев

Digestive hydrolases of wheat bugs: properties, significance and possible ways to limit their activity

A.V. Konarev

65

*Мини-обзоры / Mini-reviews***Бактериальный рак плодовых, ягодных и декоративных культур, вызываемый *Agrobacterium* spp.**

А.М. Лазарев, А.Н. Игнатов, М.В. Воронина

Crown gall disease of fruit trees, berry plants and ornamentals caused by *Agrobacterium* spp.

A.M. Lazarev, A.N. Ignatov, M.V. Voronina

87

Развитие исследований в аналитической лаборатории ВИЗР по оценке остаточных количеств пестицидов**М.О. Петрова, Т.Д. Черменская, В.И. Долженко**

Development of the research to assess residual pesticides in the analytical laboratory of VIZR

M.O. Petrova, T.D. Chermenskaya, V.I. Dolzhenko 93

Полнотекстовые статьи / Full-text articles**Устойчивость диких видов и гибридов картофеля к альтернариозу и фитофторозу****Н.М. Зотеева, В.В. Васипов, А.С. Орина**Resistance of wild *Solanum* species and hybrids to early and late blight

N.M. Zoteyeva, V.V. Vasipov, A.S. Orina 99

Устойчивость перспективных образцов яровой твердой пшеницы к листовым болезням**А.С. Рсалиев, Е.И. Гуляева, П.Н. Мальчиков, Е.Л. Шайдаюк, Н.М. Коваленко, Д.Р. Яковлева, М.Ж. Байгутов**

Resistance of perspective spring durum wheat accessions to foliar diseases

A.S. Rsaliyev, E.I. Gulyaeva, P.N. Malchikov, E.L. Shaydayuk, N.M. Kovalenko, D.R. Yakovleva, M.Zh. Baygutov 105

Молекулярная идентификация генов устойчивости к стеблевой ржавчине у новых допущенных к использованию сортов пшеницы**О.А. Баранова**

Molecular identification of stem rust resistance genes in new regional wheat varieties

O.A. Baranova 113

Выделение уровней фитосанитарного районирования территории в отношении сорных растений на примере Ленинградской области**Н.Н. Лунева**

Allocation of levels of phytosanitary zoning of the territory concerning weeds using Leningrad Region as an example

N.N. Luneva 119

Распространение латука компасного *Lactuca serriola*, латука сибирского *Lactuca sibirica* и латука татарского *Lactuca tatarica* (Compositae) на территории России**Н.Н. Лунева, Ю.А. Федорова**Distribution of the prickly lettuce *Lactuca serriola*, the Siberian lettuce *Lactuca sibirica* and blue lettuce *Lactuca tatarica* (Compositae) in Russia

N.N. Luneva, Yu.A. Fedorova 133

Heterologous expression of two acetylcholinesterases of Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* in bacteria *Escherichia coli* and production of form-specific antibodies**V.V. Dolgikh, I.V. Senderskiy, V.S. Zhuravlyov, S.A. Timofeev, Yu.V. Volodartseva, S.R. Fasulati, D.S. Kireeva**Гетерологичная экспрессия ацетилхолинэстераз колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* в бактериях *Escherichia coli* и получение антител к отдельным формам фермента

V.V. Долгих, И.В. Сендерский, В.С. Журавлев, С.А. Тимофеев, Ю.В. Володарцева, С.Р. Фасулати, Д.С. Киреева 144

Краткие сообщения / Short Communications**Differential susceptibility of *Locusta migratoria* and *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acrididae) to infection with entomopathogenic fungi****М.В. Левченко, А.Г. Конончук, А.В. Герус, Г.Р. Леднев**Дифференциальная восприимчивость *Locusta migratoria* и *Schistocerca gregaria* (Orthoptera: Acrididae) к заражению энтомопатогенными грибами

M.B. Levchenko, A.G. Kononchuk, A.V. Gerus, G.P. Lednev 150

Хроника / Chronicle**Памяти О.Н. Наумовича**

In memory of O.N. Naumovich. 153

Наука как жизнь (к 100-летию со дня рождения П.Я. Голодриги)

Science as life: to the 100th anniversary of P.Ya. Golodriga

Брекина О.В. 154

Выпуск 3 (Issue 3)Полнотекстовые обзоры / Full-text reviews**Развитие микроспориологии в России****И.В. Исси**

Development of microsporidology in Russia

I.V. Issi 161

Полнотекстовые статьи / Full-text articles**Лабораторная оценка пригодности разных видов кормовых клещей для разведения *Amblyseius swirskii* и *Neoseiulus cucumeris* (Mesostigmata, Phytoseiidae)****Л.П. Красавина, О.В. Трапезникова**Assessment of different species of fodder mites for mass rearing of the predatory mites *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus cucumeris* (Mesostigmata, Phytoseiidae) under laboratory conditions

L.P. Krasavina, O.V. Trapeznikova 177

Вредоносность корневищных и корнеотпрысковых сорных растений в посевах озимой пшеницы и ярового ячменя в условиях лесостепи юга Нечерноземной зоны**А.Н. Никольский, Д.В. Бочкарев, Т.Ф. Девяткина, Ю.Н. Недайборщ, В.Д. Бочкарев**

The harmfulness of rhizome and creeping weeds in crops of winter wheat and spring barley in the forest-steppe south of the Non-chernozem zone

A.N. Nikolskiy, D.V. Bochkarev, T.F. Devyatkina, Y.N. Nedajborshch, V.D. Bochkarev 182

Устойчивость образцов местного овса из Центральной Азии к обыкновенной злаковой тле**Е.Е. Радченко, М.А. Чумаков, И.Г. Лоскутов**

Greenbug resistance of oat landraces from Central Asia

E.E. Radchenko, M.A. Chumakov, I.G. Loskutov 187

Краткие сообщения / Short Communications**Устойчивость к фитофторозу клонов картофеля в расщепляющихся гибридных популяциях****Н.М. Зотеева**

Resistance to late blight of potato clones in segregating hybrid populations

N.M. Zoteyeva 192

Биологические особенности и устойчивость к фунгицидам фитопатогенного гриба *Ilyonectria crassa***Е.М. Чудинова, В.А. Платонов, А.В. Александрова, С.Н. Еланский**Biology and resistance of phytopathogenic fungus *Ilyonectria crassa* to fungicides

E.M. Chudinova, V.A. Platonov, A.V. Alexandrova, S.N. Elansky 196

Новые сведения о распространении на территории России гриба *Fusarium langsethiae*, продуцирующего Т-2 и НТ-2 токсины**О.П. Гаврилова, Т.Ю. Гагкаева**Latest information on the distribution of *Fusarium langsethiae*, the producer of T-2 and HT-2 toxins, in Russia

O.P. Gavrilova, T.Yu. Gagkaeva 201

Identification of sunflower pathogenic fungus *Plenodomus lindquistii* using PCR with species-specific oligonucleotide primers**М.М. Гомжина, Ф.Б. Ганнибал**Идентификация патогенного для подсолнечника гриба *Plenodomus lindquistii* с использованием ПЦР с видоспецифичными праймерами

M.M. Gomzhina, F.B. Gannibal 207

Fungal pathogens of tomato in South-Western Russia (Krasnodar Territory)**Е.М. Чудинова, Т.А. Шкункова, С.Н. Еланский**

Грибные патогены томата на Юго-Западе России (Краснодарский край)

E.M. Chudinova, T.A. Shkunkova, S.N. Elansky 210

Система электронного редактирования журнала «Вестник защиты растений» 213

Контрольный список подготовки материала к отправке 216

Заполнение метаданных рукописи, принятой к печати 217

Оформление заимствований в рукописях научных статей 218

Electronic Editing System of the Journal "Plant Protection News" 219

Submission Preparation Checklist 219

Handling Metadata of Accepted Papers 220

Handling of Non-Original Data 220

Выпуск 4 (Issue 4)Полнотекстовые статьи / Full-text articles**Особенности действия и ретроспективный анализ эффективности фунгицидов для защиты пшеницы мягкой озимой от болезней листового аппарата****Н.А. Крупенко, И.Н. Одинцова**

Peculiarities of action and retrospective analysis of fungicides efficacy for protection of soft winter wheat against leaf diseases

N.A. Krupenko, I.N. Odintsova 224

Влияние хитина на биологическую активность штаммов *Bacillus subtilis***И.Л. Краснобаева, Н.М. Коваленко, Э.В. Попова**The effect of chitin on the biological activity of *Bacillus subtilis* strains

I.L. Krasnobaeva, N.M. Kovalenko, E.V. Popova 233

Особенности внутри- и межвидовых взаимодействий оранжерейной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum* и обыкновенного паутинного клеща *Tetranychus urticae* на огурце**О.С. Кириллова, В.А. Раздобурдин**Features of conspecific and heterospecific interactions of greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and spider mite *Tetranychus urticae* on cucumber

O.S. Kirillova, V.A. Razdoburdin. 241

Биологические особенности *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) в Крыму**Ю.В. Плугатарь, А.К. Шармагий, Е.Б. Балыкина**Biological characteristics of *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) in Crimea

Yu.V. Plugatar, A.K. Sharmagiy, E.B. Balykina 247

Сезонная динамика активности проволочников и повреждаемости ими клубней различных сортов картофеля на Северо-Западе России в условиях дефицита влаги**С.Р. Фасулати, О.В. Иванова**

The seasonal dynamics of wireworm activity and damage of the different potato varieties in the Northwest of Russia under condition of water deficiency

S.R. Fasulati, O.V. Ivanova 255

Краткие сообщения / Short Communications**Устойчивость образцов ячменя из Эфиопии к карликовой ржавчине****Р.А. Абдуллаев, Б.А. Баташева, Е.Е. Радченко**

Leaf rust resistance in barley accessions from Ethiopia

R.A. Abdullaev, B.A. Batasheva, E.E. Radchenko 262

Влияние энтомопатогенных грибов *Akanthomyces* и *Lecanicillium* на поведенческие реакции и жизнеспособность оранжерейной белокрылки *Trialeurodes vaporariorum***Г.В. Митина, Е.А. Степанычева, А.А. Чоглокова**The effect of the different species of the entomopathogenic fungi from genera *Akanthomyces* and *Lecanicillium* on the behavioral responses and the viability of the *Trialeurodes vaporariorum*

G.V. Mitina, E.A. Stepanycheva, A.A. Chogloкова 265

Leds and semiochemicals vs. sex pheromones: tests of the European corn borer attractivity in the Krasnodar Territory**A.N. Frolov, I.V. Grushevaya, A.G. Kononchuk**

Светодиоды, семиохемики или половые феромоны: испытания на аттрактивность для кукурузного мотылька в Краснодарском крае

A.N. Frolov, I.V. Grushevaya, A.G. Kononchuk 269

Laboratory assessment of the suitability of predatory bugs *Orius laevigatus* and *Orius majusculus* as natural enemies of seed potato pests in greenhouses**I.M. Pazyuk, N.V. Binitskaya**Лабораторная оценка пригодности хищных клопов *Orius laevigatus* и *Orius majusculus* в качестве энтомофагов для использования на семенном картофеле в теплицах

I.M. Pazyuk, N.V. Binitskaya 274

О прошедших мероприятиях (Past Conferences) 277**«Вестник защиты растений» в 2019-2020 гг. (Plant Protection News: Journal in 2019-2020) 277****Научометрические базы данных (Scientometric Databases) 278****Объявление о ретракции рукописи (Announcement on article retraction) 284****Содержание журнала «Вестник защиты растений» за 2020 год (том 103, выпуски 1-4) 285**

Plant Protection News, Contents of 2020 (volume 103, issues 1-4) 285

Научное издание

Индекс 36189

Подписано к печати 21 декабря 2020 г.

Формат 60x84/8. Объем 8 1/2 п.л. Тираж 250 экз. Заказ

Индекс 36189