

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

ISSN 1727-1320

В Е С Т Н И К
ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION NEWS

3(85) – 2015

Санкт-Петербург – Пушкин
2015

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

УДК 632

Научно-теоретический рецензируемый журнал

Основан в 1939 г.

Издание возобновлено в 1999 г.

Включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК

Учредитель Всероссийский НИИ 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

Отв. секретарь В.Г.Иващенко

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

А.Н.Власенко, академик РАН, СибНИИЗХим

Патрик Гроотаерт, доктор наук, Бельгия

Дзянь Синьфу, профессор, КНР

В.И.Долженко, академик РАН, ВИЗР

Ю.Т.Дьяков, дбн., профессор, МГУ

В.А.Захаренко, академик РАН, МНИИСХ

С.Д.Каракотов, чл.корр. РАН,

 ЗАО Щелково Агрохим

В.Н.Мороховец, кбн., ДВНИИЗР

В.Д.Надыкта, академик РАН, ВНИИБЗР

В.А.Павлюшин, академик РАН, ВИЗР

С.Прушински, дбн., профессор, Польша

Т.Ули-Маттила, профессор, Финляндия

Е.Е.Радченко, дбн, ВИР

И.В.Савченко, академик РАН, ВИЛАР

С.С.Санин, академик РАН, ВНИИФ

С.Ю.Синев, дбн, ЗИН

К.Г.Скрябин, академик РАН, “Биоинженерия”

М.С.Соколов, академик РАН, ВНИИФ

С.В.Сорока, ксxn., Белоруссия

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

О.С.Афанасенко,

 член-корреспондент РАН

И.А.Белоусов, кбн.

Н.А.Белякова, кбн.

Н.А.Вилкова, дсxn, проф.

Н.Р.Гончаров, ксxn

И.Я.Гричанов, дбн

А.Ф.Зубков, дбн, проф.

В.Г.Иващенко, дбн, проф.

М.М.Левитин, академик РАН

Н.Н.Лунева, кбн

А.К.Лысов, кtn

Г.А.Наседкина, кбн

В.К.Моисеева (секр.), кбн

Н.Н.Семенова, дбн

Г.И.Сухорученко, дсxn, проф.

С.Л.Тютюрев, дбн, проф.

А.Н.Фролов, дбн, проф.

И.В.Шамшев, кбн

Редакция

А.Ф.Зубков (зав. редакцией), И.Я.Гричанов, С.Г.Удалов

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

Email: vestnik@vizr.spb.ru, vestnik@icZR.ru

www.vizr.spb.ru

© Всероссийский НИИ защиты растений (ВИЗР)

СОДЕРЖАНИЕ

Структура российских популяций гриба <i>Puccinia triticina</i> Eriks Е.И. Гульгяева, Е.Л. Шайдаюк, И.А. Казарцев, М.К. Аристова	5
Состояние, перспективы изучения и практического использования энтомопатогенных нематод (<i>Steinernematidae</i>) и их симбиотических бактерий (<i>Xenorhabdus</i>) против насекомых и возбудителей заболеваний растений Л.Г. Данилов, В.А. Павлюшин	10
Особенности пищевой специализации паутинного клеща <i>Tetranychus urticae</i> Koch: влияние морфофизиологического состояния листьев разных ярусов огурца на поведение и развитие фитофага В.А. Раздобурдин, Г.Е. Сергеев	15
Биологическая эффективность некоторых индукторов болезнеустойчивости в системе оздоровления и защиты картофеля от болезней в оригинальном семеноводстве Н.А. Павлова	21
Плодовитость сорных растений различных типов и биогрупп в посевах и рудеральных экотопах О.Н. Курдюкова	26
Внутривидовая структура локальных популяций вредной черепашки в Алтайском крае А.В. Капусткина, Л.И. Нефедова	30
Сезонная динамика численности грушевой листоблошки (<i>Psylla pyri</i> L.) в Крыму Е.Б. Балыкина, Д.А. Корж, Л.П. Ягодинская	34
Полушаровидная ложнощитовка <i>Saissetia coffeae</i> Walker в оранжерее Полярно-альпийского ботанического сада Н.С. Рак, С.В. Литвинова	38
Комплексная вредоносность вредных организмов на яровой пшенице в Ленинградской области А.М. Шпанев	41
Идентификация возбудителя белосоломенной гнили пшеницы (<i>Gibellina cerealis</i>) методом ПЦР Н.С. Пильщикова, Ф.Б. Ганнибал	46
Медьсодержащие фунгициды для защиты яблони В.А. Хилевский, А.А. Зверев, О.В. Кунгурцева	50
Особенности расселения колорадского жука на посадках картофеля и обработки инсектицидами в Северо-Западном регионе России Н.И. Наумова	53
<u>Краткие сообщения</u>	
Инсектицидные свойства некоторых фитопатогенных аскомицетов А.О. Берестецкий, Л.С. Аполлонова, С.В. Сокорникова, Т.Д. Черменская	56
Жизненные формы сорных растений Ленинградской области Е.Н. Белоусова, Н.Н. Лунева, Т.Д. Соколова	59
Особенности развития партеногенетических морф черёмухово-злаковой тли <i>Rhopalosiphum padi</i> (L.) на различных образцах пшеницы Е.С. Гандрабур	61

CONTENT

Structure of Russian populations of <i>Puccinia triticina</i> E.I. Gulyaeva, E.L. Shaidayuk, I.A. Kazartsev, M.K. Aristova	5
Status and prospects of studying and practical use of entomopathogenic nematodes (<i>Steinernematidae</i>) and their symbiotic bacteria (<i>Xenorhabdus</i>) against insects and plant pathogens L.G. Danilov, V.A. Pavlyshin	10
Features of food specialization of <i>Tetranychus urticae</i> : the influence of morphophysiological condition of cucumber leaves of different circles on the behaviour and development of phytophage V.A. Razdoburdin, G.E. Sergeev	15
Biological efficiency of some disease resistance inductors in the system of rehabilitation and protection of potato against diseases in original seedage N.A. Pavlova	21
Fertility of weeds of different types and groups in crops and ruderal ecotopes O.N. Kurdyukova	26
Intraspecific structure of local populations of <i>Eurygaster integriceps</i> in the Altai territory A.V. Kapustkina, L.I. Nefedova	30
<i>Psylla pyri</i> seasonal population changes in the Crimea E.B. Balykina, D.A. Korzh, L.P. Yagodinskaya	34
Hemispherical scale <i>Saissetia coffeae</i> in greenhouse of the Polar-alpine botanical garden-institute N.S. Rak, S.V. Litvinova	38
Complex harmfulness of pest organisms on spring wheat in Leningrad region A.M. Shpanev	41
Identification of wheat false eyespot agent <i>Gibellina cerealis</i> by use of PCR Pilshchikova N.S., Gannibal F.B.	46
Copper-bearing fungicides for apple-tree protection V.A. Khilevskii, A.A. Zverev, O.V. Kungurtseva	50
Features of Colorado potato beetle spread on potato plantings and its insecticide control in the northwest region of Russia N.I. Naumova	53
<u>Brief Reports</u>	
Insecticidal properties of phytopathogenic Ascomycetes A.O. Berestetskiy, L.S. Apollonova, S.V. Sokornova, T.D. Chermenskaya	56
Vital forms of weed vegetation in the Leningrad region E.N. Belousova, N.N. Luneva, T.D. Sokolova	59
Features of parthenogenetic morph development in <i>Rhopalosiphum padi</i> on various samples of wheat E.S. Gandrabur	61

УДК 632.4:582.284.21

СТРУКТУРА РОССИЙСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ ГРИБА *PUSCINIA TRITICINA* ERIKS**Е.И. Гультяева, Е.Л. Шайдаюк, И.А. Казарцев, М.К. Аристова***Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Проведен анализ структуры популяций возбудителя бурой ржавчины пшеницы, собранных на территории РФ в 2011–2014 гг., по признакам вирулентности. Показана высокая эффективность гена *Lr24*. В западносибирских и уральских популяциях обнаружено нарастание численности изолятов, вирулентных к линиям пшеницы с геном *Lr9*. В 2013 г. впервые отмечено их появление в популяции ЦЧР, что может привести к поражению сортов, защищенных геном *Lr9*. Вирулентность к сортам пшеницы с геном *Lr19* была высокой в Поволжье, но реже встречалась в других регионах. Сохраняется тенденция нарастания частоты вирулентности к линиям *Lr1* в европейских популяциях. С использованием международного набора из 20 линий-дифференциаторов среди изученных 1232 монопустульных изолятов идентифицировано 113 фенотипов. Наиболее представлены расы TGTKT и THTKT. Отмечено высокое сходство по представленности фенотипов в западносибирских и уральских популяциях. Степень отличий от них северо-западных и центральных популяций была выше, чем у центрально-черноземных и волжских. Популяции из Ростовской области, Краснодарского и Ставропольского краев имели большее сходство с европейскими и азиатскими, чем с дагестанскими. Существенные отличия от всех изученных имела северо-западная популяция из Калининградской области. Для изучения полиморфизма российских популяций по SSR-маркерам отобрано 185 монопустульных изолятов и проведена экстракция их ДНК. Оценена эффективность предложенных 23 SSR-маркеров для анализа российских популяций и отобрано 20 наиболее полиморфных. Отработаны методические подходы для проведения SSR-анализа с использованием генетического анализатора ABI Prism 3500 (ABI–Hitachi, Япония).

Ключевые слова: бурая ржавчина, мягкая пшеница, вирулентность, *Lr*-гены, SSR-маркеры.

В результате эволюции популяций происходит изменение их генетического состава. Оценка полиморфизма популяций является одним из «инструментов» для изучения микроэволюционного процесса, позволяет охарактеризовать внутривидовую и межвидовую дифференциацию и выявить дискретные изменения. Популяционные исследования бурой ржавчины на территории б. СССР проводятся в ВИЗР с 1980-х годов. В 1981–1993 гг. с помощью оригинального набора тестеров вирулентности Л.А. Михайловой [2006] показано существование европейской популяции гриба *Puccinia triticina* Eriks., занимающей территорию от северо-западной части РФ до Поволжья, и популяций Западной Азии (Урал, Казахстан, Западная Сибирь), Кавказа (Грузия, Азербайджан, Дагестан, Северная Осетия, Чечено-Ингушетия), Дальнего Востока. Поволжье являлось пограничной зоной, где наблюдалось совмещение азиатской и европейской популяций гриба [Михайлова, Васильев, 1985; Михайлова, 1995]. Сходные данные, свидетельствующие об изолированности кавказской популяции от европейской, получены также Г.К. Сорокиной с соавторами [1990].

По данным Т.В. Павловой и Л.А. Михайловой [1996], вероятность миграции спор с территории Северного Кавказа в Казахстан крайне мала, поскольку проникновению воздушных потоков препятствует циклон, действующий между Каспийским и Аральским морями, и антициклон, спускающийся с севера по Западной Сибири.

С 2001 г. исследования по вирулентности продолжены с использованием международного набора линий-дифференциаторов, представленного почти изогенными *Lr*-линиями Thatcher [Long, Kolmer, 1989]. В 2001–2010 гг. показано высокое фенотипическое сходство между западносибирскими и уральскими популяциями, а также между популяциями ЦЧР, Поволжья и Центрального регионов. Популяции Краснодарского и Ставропольского краев и северо-западные имели сходство с другими европейскими популяциями, но в отдельные годы, например в 2007 г., выделились в отдельные группы [Гультяева, Баранова,

2010; Gulyaeva et al., 2012; Lind, Gulyaeva, 2007].

С середины 1990-х годов популяционные исследования гриба *P. triticina* Eriks. дополнены молекулярными технологиями. В 2007 году структура российских популяций гриба охарактеризована с использованием RAPD и УП-ПЦП-маркеров [Gulyaeva et al., 2010, 2012]. В 2000-х годах в США для генотипирования изолятов *P. triticina* подобраны селективно-нейтральные SSR-маркеры [Duan et al., 2003; Szabo, Kolmer, 2007]. Преимуществом этой группы маркеров служит высокий уровень регистрируемого полиморфизма, высокая воспроизводимость результатов и техническая простота экспериментов, в отличие, например, от AFLP-анализа. С их использованием J. Kolmer с соавторами [2015] охарактеризовали полиморфизм популяций *P. triticina* из пяти регионов РФ – Северокавказского, Западносибирского, Волго-Вятского и Средневолжского в 2006–2010 гг. В этой работе не выявлено дифференциации между российскими географическими популяциями, но показано наличие двух кластеров изолятов, распространенных по всей территории. Показана клональная репродукция гриба на территории России и предполагается единый источник инфекции для европейской части и Западной Сибири, предположительно находящийся в европейской или кавказской частях России. Российские популяции *P. triticina* характеризовались высокими различиями по SSR-маркерам с популяциями Таджикистана, Киргизстана, Узбекистана, Армении, Грузии и Азербайджана и были более сходны с южно- и североказахстанскими [Kolmer et al., 1915].

В последние годы отмечается очевидный прогресс в создании и внедрении в производство ржавчиноустойчивых сортов пшеницы в России [Гультяева, Садовая, 2014], что обуславливает изменения в структуре популяций по вирулентности и молекулярным маркерам. Цель настоящей работы – анализ структуры российских популяций гриба *P. triticina* по вирулентности в 2011–2014 гг., создание коллекции изолятов для SSR-анализа и отработка методических подходов его проведения.

Материал и методы

Инфекционный материал был представлен листьями пшеницы с урединиепустулами, собранными на производственных посевах и ГСУ в 2011–2014 гг. в 9 регионах РФ: Северо-Западном (Псковская, Новгородская, Ленинградская, Калининградская, Костромская обл.); Центральном (Брянская, Смоленская, Владимирская обл.), в Центрально-Черноземном (Воронежская, Тамбовская, Белгородская, Курская, Липецкая обл.), Волго-Вятском (Чувашия, Нижегородская обл., Пермский край); Нижневолжском (Саратовская обл.); Средневолжском (Самарская обл.); Северо-Кавказском (Краснодарский, Ставропольский края, Дагестан); Уральском (Курганская, Челябинская обл., Башкортостан) и Западно-Сибирском (Омская, Новосибирская, Тюменская обл., Алтайский край).

Для получения монопустульных изолятов и изучения структуры популяций *P. triticina* использованы методы лабораторного культивирования патогена [Михайлова и др., 2003]. Тип реакции определяли по шкале E.V. Mains, H.S. Jackson [1926]. Всего изучено 1232 монопустульных изолята.

Для тестирования вирулентности использовали набор почти моногенных линий пшеницы. Все изоляты охарактеризованы по признаку вирулентности. Для обозначения фенотипов использована буквенная номенклатура, основанная на определении вирулентности к группам из пяти *Lr*-линий: 1 – *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2c*, *Lr3a*; 2 – *Lr9*, *Lr16*, *Lr24*, *Lr26*; 3 – *Lr3ka*, *Lr11*, *Lr17*, *Lr30*; 4 – *Lr19*, *Lr20*, *Lr14a*, *Lr18*; 5 – *Lr2b*, *Lr3bg*, *Lr14b*, *Lr15*. [Long, Kolmer, 1989].

Для определения буквенного кода фенотипов, вычисления индексов внутривидового разнообразия и различий между популяциями по вирулентности использовали пакет программ Virulence Analysis Tool (VAT) [Kosman et al., 2008]. Для оценки внутривидового разнообразия использовали индекс Нея H_s , характеризующий гетерогенность популяции по частотам вирулентности; нормализованный индекс Шеннона Sh , характеризующий разнообразие популяций по фенотипическому составу, и индекс Космана KW_m , оценивающий общую изменчивость попу-

ляций по вирулентности и фенотипическому составу. Для оценки различий между популяциями – индекс Космана (KW_m), вычисление которого основано на анализе структуры по вирулентности и по фенотипическому составу [Kosman, Leonard, 2007].

Для SSR-анализа отобрано 185 монопустульных изолятов *P. triticina*, полученных в 2006–2014 гг. из 9 агроэкологических регионов РФ, Казахстана и Китая. Эта коллекция была представлена 35 изолятами из Поволжья (Волго-Вятский (Чувашия, Нижегородская обл.), Средневолжский (Самарская обл.), Нижневолжский (Саратовская обл.) регионы); 25 изолятами с Северо-Запада (Новгородская, Псковская, Ленинградская, Калининградская) и Ярославской обл.; 24 изолятами с Северного Кавказа (Краснодарский, Ставропольский края, Дагестан); 34 изолятами из Западной Сибири (Омская, Кемеровская, Томская, Тюменская, Новосибирская обл., Алтайский край); 20 изолятами с Урала (Курганская, Челябинская обл., Башкортостан); 31 изолятом из центрально-европейских регионов (Смоленская, Владимирская обл.), Центрально-Черноземный (Тамбовская, Воронежская, Липецкая, Курская обл.), а также 15 изолятами из Северного и Южного Казахстана и 1 изолятом из Китая.

Выделение ДНК из спорового материала гриба проводили согласно методике A. Justesen и соавторов [2002]. Для отработки методических подходов проведения SSR-анализа протестировано 23 микросателлитных маркера, предложенных для оценки полиморфизма изолятов гриба *P. triticina* на Североамериканском континенте [Duan et al., 2003; Szabo, Kolmer, 2007]. Первоначально амплифицированные пробы проанализированы с использованием 1.5% агарозного геля и 6% полиакриламидного геля. Выявлена низкая их разрешающая способность для оценки полиморфизма используемых маркеров. В связи с этим для определения размера SSR-аллелей был использован генетический анализатор ABI Prism 3500 (ABI-Hitachi, Япония), в отличие от исследований Cereal Diseases Laboratory (США), где используется анализатор LI-COR (Lincoln, NE) 4200 или 4300.

Результаты и обсуждение

Среди использованных для анализа вирулентности двадцати *TcLr*-линий восемнадцать показали вариабельность по типу инфекции при инокуляции *P. triticina* (табл.1). Все тестируемые изоляты были авирулентны на линии *TcLr24* и вирулентны к *TcLr14a*. Изоляты, вирулентные к линии *TcLr9*, встречались в уральской и западносибирской популяциях (42% и 38% соответственно). В первую очередь это обусловлено высокой концентрацией сортов с геном *Lr9* в данных регионах. С 2013 г. вирулентность к линии с геном *Lr9* отмечена и в европейских популяциях (ЦЧР), что может привести к потере эффективности гена *Lr9* и поражению сортов – его носителей Немчиновская 24, Немчиновская 17 и Сплав.

Изоляты, вирулентные к линии *TcLr19*, преимущественно встречались в популяциях, собранных с сортов, защищенных этим геном – Л-503, Волгоуральская, Экада 70. Доминирование источников инфекционного материала с геном *Lr19* при анализе популяций Нижневолжского, Волго-Вятского регионов и ЦЧР обусловило более высокие показатели частот вирулентности к *Lr19* в этих регионах. В инокуляте, собранном с других сортов (без гена *Lr19*), подобные изоляты отсутствовали, либо выявлялись в единичных количествах.

Как и в предыдущий период, частоты изолятов, вирулентных к линиям *Lr3a*, *Lr3bg*, *Lr3ka*, *TcLr11*, *TcLr12b*, *TcLr3bg*, *TcLr16*, *TcLr17*, *TcLr18*, *TcLr30*, были высокими во всех популяциях и достигали 80–100%. Исключе-

ние составляли северо-западные популяции из Калининградской области, в которых вирулентность к генам *Lr3a*, *Lr3bg*, *Lr3ka* составляла 14–19% (табл.1).

На линиях *TcLr1*, *TcLr2a*, *TcLr2b*, *TcLr2c*, *TcLr15*, *TcLr20* и *TcLr26* наблюдался высокий (от 38 до 100%) полиморфизм по вирулентности. Сохраняется тенденция возрастания частот изолятов, вирулентных к *TcLr1*, наблюдаемая с начала 2000-х годов. Если в период 1980–1995 гг. российские европейские, кавказские и азиатские популяции дифференцировались по вирулентности к линии с данным геном [Михайлова, 2006], то в настоящее время частота вирулентности к *TcLr1* высока практически во всех регионах. Исключение составляли северо-кавказские популяции из Дагестана, где средняя частота вирулентности к гену *Lr1* не превышала 54%. Вирулентность к генам *TcLr2a*, *TcLr2b* была ниже в популяциях Северо-Западного, Центрального регионов и в северокавказской популяции из Дагестана. Вирулентность к генам *TcLr15*, *TcLr20*, *TcLr26* колебалась по регионам и годам исследований.

В результате анализа вирулентности 1232 монопустульных изолятов выявлено 113 фенотипов. Среди них 67 фенотипов были оригинальными и встречались в одном регионе, 22 фенотипа – в двух, 12 – в трех. Доминирующие и представленные более чем в четырех регионах фенотипы показаны в табл. 2. Как и в предыдущие годы, наибольшее распространение имели фенотипы TGTKT и THTKT, различающиеся между собой по вирулентности к *TcLr26*.

Таблица 1. Вирулентность популяций *P. triticina* в регионах России в 2011- 2014 гг. (%)

Линия с Lr-геном	Популяции гриба *										
	СЗ-К	СЗ	Ц	ЦЧР	ВВ	СВ	НВ	У	СК	СК-Д	ЗС
1	100	81 ± 2.6	100	93 ± 1.7	76 ± 4.0	100	60 ± 11	93 ± 2.4	90 ± 3.4	54 ± 7.5	98 ± 0.9
2a	19 ± 8.6	12 ± 2.1	9 ± 6.1	58 ± 3.3	65 ± 4.4	70 ± 5.4	60 ± 11	89 ± 3.0	67 ± 5.2	25 ± 6.5	95 ± 1.3
2b	24 ± 9.3	25 ± 2.8	9 ± 6.1	81 ± 2.6	81 ± 3.7	77 ± 5	100	97 ± 1.6	94 ± 2.8	48 ± 7.5	97 ± 1
2c	71 ± 9.9	37 ± 3.2	100	88 ± 2.2	92 ± 2.5	90 ± 3.5	100	99 ± 0.9	100	100	100
3a	14 ± 7.6	97 ± 1.2	100	99 ± 0.6	100	100	100	100	100	100	100
3bg	19 ± 8.6	98 ± 1.0	100	99 ± 0.6	100	100	100	100	100	100	100
3ka	19 ± 8.6	97 ± 0.9	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9	0	0	0	1 ± 0.8	0	0	0	42 ± 4.7	0	0	38 ± 3.0
11	100	100	100	100	100	100	100	97 ± 1.6	99 ± 1.2	100	99 ± 0.6
14a	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
14b	100	100	100	100	100	100	100	90 ± 3.0	100	100	98.6 ± 0.7
15	95 ± 4.6	56 ± 3.3	9 ± 6.1	72 ± 3.0	78 ± 3.8	93 ± 3	60 ± 11	91 ± 2.8	90 ± 3.4	25 ± 6.5	96 ± 1.1
16	100	100	100	99 ± 0.6	100	100	100	98 ± 1.3	98 ± 1.7	95 ± 3.1	100
17	100	100	100	100	100	100	100	96 ± 1.8	100	100	97 ± 1
18	100	100	100	95 ± 1.5	100	100	100	80 ± 4.0	100	100	94 ± 1.4
19	0	0	0	14 ± 2.3	36 ± 4.5	70 ± 3	0	1 ± 0.9	1,2 ± 1.7	0	1 ± 0.5
20	86 ± 7.6	77 ± 2.7	77 ± 8.9	82 ± 2.6	56 ± 4.6	52 ± 5.9	60 ± 11	64 ± 4.6	72 ± 5	32 ± 7	75 ± 2.5
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	9 ± 6.4	64 ± 3.2	59 ± 10.5	55 ± 3.3	37 ± 4.5	39 ± 5.8	100	16 ± 3.5	67 ± 5.1	41 ± 7.4	14 ± 2
30	100	99 ± 0.4	100	100	100	100	100	100	100	100	100

*СЗ-К – Северо-Западный, Калининградская обл., СЗ – Северо-Западный, Ц – Центральный, ЦЧР – Центрально-Черноземный, ВВ – Волго-Вятский, СВ – Средневожский, НВ – Нижневожский, У – Уральский, СК – Северо-Кавказский, СК-Д – Северо-Кавказский, Дагестан, ЗС – Западно-Сибирский.

Таблица 2. Широко представленные и доминирующие фенотипы *P. triticina* в России в 2011-2014 гг.

Фенотипы	Авирулентность на TcLr-линиях	СЗ-К	СЗ	Ц	ЦЧР	ВВ	СВ	НВ	У	СК	СК-Д	ЗС
TGTKT	9, 19, 24, 26	9	5	9	18	17	35		18	26	11	50
THTKT	9, 24, 19		2		16	14	3	60	3	24		6
THTFT	9, 24, 19, 20		2		2		18		3	15	2	2
TGTFT	9, 19, 20, 24, 26		1		3		8		10		11	2
FHTFS	1, 2a, 9, 15, 24, 19, 20		1		1	5		40		6	7	
TGTTT	9, 24, 26				4	13	3			1		
PGTFJ	2a, 2b, 9, 15, 19, 20, 24		2	23			3					1
RHTFK	2a, 2b, 9, 19, 20, 24				1	2	4			2		
RHTKJ	2a, 2b, 9, 15, 19, 24		6	59	1						2	
RHTKK	2a, 2b, 9, 19, 24		1		4	1	4					
RHTKT	2a, 9, 19, 24		4		2					15		1
MHTKK	2a, 2b, 2c, 9, 19, 24		23		7	4						
NGKKF	2a, 2b, 2c, 3a, 3bg, 3ka, 9, 19, 24, 26	38*										

* выделением показана частота доминантного фенотипа.

Сохраняется тенденция снижения численности фенотипов группы F– (авирулентность на линиях TcLr1, TcLr2a), которые до 2003 года доминировали во всех европейских популяциях [Гультьева и др., 2009]. Их фактически заменили фенотипы группы P– авирулентные на линии TcLr2a. Эта группа фенотипов имела высокую представленность во многих российских популяциях (34% от общего количества фенотипов).

Показатели внутривидового разнообразия по вирулентности представлены в таблице 3. Более высоким внутривидовым разнообразием характеризовались популяции Северо-Западного, Центрально-Черноземного, Уральского и Западно-Сибирского регионов. Это обусловлено наличием в анализе инфекционного материала не только с производственных посевов, но и ГСУ, и экспериментальных полей. Разнообразие центральных и нижевожских популяций было ниже за счет ограниченного количества инфекционного материала, из этих регионов. В

целом, в 2011–2014 гг. не выявлено значимых ежегодных изменений в доминирующем фенотипическом составе региональных популяций. При этом практически ежегодно в них выявлялись единичные оригинальные фенотипы, которые, как правило, не закреплялись и не отмечались в последующий период.

Определение степени сходства по фенотипическому составу спорных образцов популяций, собранных в различных географических точках, позволяет судить о том, принадлежат ли они к одной или разным генеральным популяциям, и в результате определить ареалы популяций. Появление в популяции фенотипов, характерных для другой популяции, может явиться результатом миграции спор [Михайлова, 2006]. Как и в предыдущий период, определенное межпопуляционное сходство наблюдалось для большинства европейских популяций, за исключением северо-западной из Калининградской области. Согласно индексу Космана (KGst) северо-западные и центральные

Таблица 3. Разнообразие российских популяций *P. triticina* по вирулентности

Показатели	СЗ-К	СЗ	Ц	ЦЧР	ВВ	СВ	НВ	У	СК	СК-Д	ЗС
Число изолятов, n	21	249	22	222	115	71	20	108	82	29	293
Число фенотипов, ph	7	35	4	44	15	15	2	30	13	14	31
Частота доминантного фенотипа, %	38	23	59	18	17	35	60	18	26	16	50
Частота оригинальных фенотипов	3	12	0	16	1	1	0	13	1	3	17
Среднее число аллелей вирулентности	11	13	13	15	15	15	15	15	15	13	16
Simple richness (ph/n)	0.33	0.14	0.18	0.2	0.13	0.21	0.10	0.28	0.16	0.48	0.11
Evenness, E*	0.83	0.8	0.9	0.82	0.87	0.8	0.97	0.83	0.79	0.92	0.58
Индексы разнообразия:											
Нея (Hs)	0.12	0.14	0.07	0.14	0.15	0.11	0.1	0.12	0.09	0.14	0.08
Шеннона (Sh)	0.53	0.52	0.35	0.57	0.5	0.50	0.23	0.6	0.45	0.64	0.36
Космана (KWm)	0.15	0.20	0.09	0.19	0.23	0.16	0.16	0.16	0.12	0.22	0.11
ADWm**	0.12	0.14	0.07	0.14	0.15	0.11	0.1	0.12	0.09	0.14	0.08

* – равномерность распределения фенотипов;

** - average dissimilarity within (Dice dissimilarity).

популяции имели большие отличия от азиатских (западносибирских и уральских) по сравнению с поволжскими и центрально-черноземными (табл. 4). Северо-кавказские популяции из Краснодарского, Ставропольского краев и Ростовской области характеризовались более высоким сходством с европейскими и азиатскими по сравнению с популяцией из Дагестана. Данный факт согласуется с ранее выдвинутым предположением Л.А. Михайловой [1995] и Г.К. Сорокиной [1990] о принадлежности их к европейской группе популяций.

Таблица 4. Различия между российскими популяциями *P. triticina* в 2011–2014 гг.

Регионы	Индекс Космана KGst									
	СЗ-К	СЗ	Ц	ЦЧР	ВВ	СВ	НВ	У	СК	СК-Д
СЗ	0.14									
Ц	0.17	0.05								
ЦЧР	0.15	0.05	0.07							
ВВ	0.17	0.07	0.09	0.02						
СВ	0.15	0.07	0.09	0.02	0.02					
НВ	0.22	0.08	0.09	0.04	0.05	0.05				
У	0.19	0.13	0.14	0.05	0.05	0.04	0.08			
СК	0.17	0.08	0.09	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04		
СК-Д	0.18	0.05	0.04	0.06	0.05	0.06	0.06	0.1	0.06	
ЗС	0.19	0.13	0.14	0.05	0.05	0.04	0.08	0.01	0.04	0.11

В целом, в 2011–2014 гг. выявлены некоторые изменения в структуре российских популяций по сравнению с предыдущим десятилетием. Основные различия западносибирской и уральской популяций связаны с появлением и нарастанием численности изолятов, вирулентных к *TcLr9*, что в первую очередь обусловлено увеличением посевных площадей, занятых сортами с этим геном. Отмечено появление данных изолятов в европейских популяциях, что может привести к утрате устойчивости сортов Немчиновская 24 и Немчиновская 17, несущих ген *Lr9* и выращиваемых в Центральном регионе. Наблюдается снижение частоты изолятов, вирулентных к *TcLr19* в европейских регионах РФ. Сохраняется тенденция возрастания частоты изолятов, вирулентных к *TcLr1* во всех регионах России. Отмечается увеличение сходства европейских популяций с западно-азиатскими. Оно было выше с популяциями ЦЧР, Поволжья и Северного Кавказа (Ростовская обл., Краснодарский и Ставропольский края) и ниже с дагестанскими, северо-западными и центральными. Северокавказские популяции из Ростовской области, Краснодарского

и Ставропольского краев имели более высокое сходство с центральноевропейскими и азиатскими по сравнению с дагестанскими. Как и ранее, частота встречаемости изолятов авирулентных к *TcLr1* в дагестанской популяции была выше, чем во всех других популяциях. Существенным отличием от всех изученных характеризовалась северо-западная популяция из Калининградской области.

Полученные результаты согласуются с результатами других исследователей. Л.Г. Тырышкиным и соавторами [2014] показана значительная схожесть структуры средневожской популяции *P. triticina* со структурой популяций с Северного Кавказа и Северо-Западного региона России в 2011–2012 гг.

Для проведения SSR-анализа отобрано 169 монопустьных изолятов, которые были представлены 60 фенотипами: широко распространенными и редкими оригинальными. Дополнительно для сравнения в анализ было включено 15 изолятов из Казахстана и 1 – из Китая. Для выявления влияния растения-хозяина на полиморфизм популяций по SSR-маркерам в анализ включены изоляты, имеющие общее происхождение (место сбора), но собранные с разных сортов пшеницы, а также с одного сорта, выращиваемого в нескольких регионах (например, с сорта Инна, выращиваемого в Северо-Западном и Центральном-Черноземном регионах; с сорта Эстер в Северо-западном и Волго-Вятском регионах и др.). Согласно UPGMA дендрограмме (NTSYSpc, Version 2.2) генетического родства по вирулентности изоляты кластеризовались в 4 группы: 1) западносибирские, уральские, казахстанские; 2) поволжские и центрально-европейские (Центральный регион и ЦЧР); 3) северокавказские; 4) северо-западные (рис.). Таким образом, структура изолятов, отобранных для SSR-анализа, коррелировала с результатами исследований 2011–2014 гг. и предыдущим десятилетием и в ней прослеживалась географическая дифференциация.

Для проведения SSR-анализа оценена эффективность 23 микросателлитных маркеров [Duan et al., 2003; Szabo, Kolmer, 2007] и оценен полиморфизм подготовленной коллекции гриба *P. triticina*. Среди 23 SSR-маркеров не все оказались результативными для анализа российских популяций. Маркер PtSSR3 не выявлялся ни у одного из 185 проанализированных изолятов. С другими 22 маркерами в агарозном геле наблюдали характерные продукты амплификации. Однако, ни в концентрированном агарозном геле (3%), ни полиакриламидном (ПААГ, 6%) гелях не выяв-

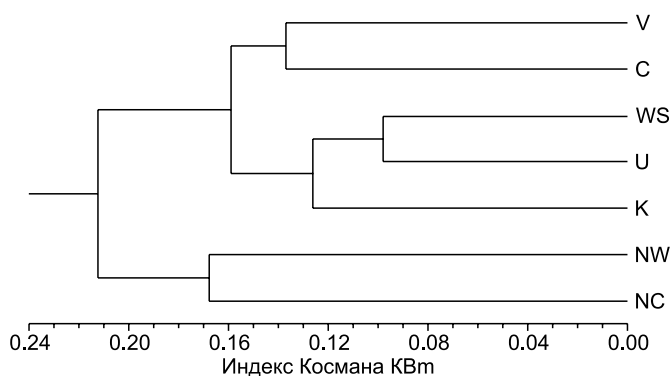


Рисунок. UPGMA дендрограмма генетического родства изолятов *P. triticina* для SSR-анализа по вирулентности.

V – Поволжье (Волго-Вятский, Средневолжский, Нижневолжский регионы), С – Центральный (Центральный, Центрально-Черноземный), WS – Западно-Сибирский, U – Уральский, NW – Северо-Западный, NC – Северо-Кавказский, К – Казахстан

лялись различия в размерах идентифицируемых аллелей. В связи с этим, для выявления полиморфизма в размерах SSR-аллелей был использован генетический анализатор ABI Prism 3500 (ABI-Hitachi, Япония). В подобных исследованиях Cereal Diseases Laboratory (США) [Ordoñez, Kolmer, 2007; Kolmer et al., 2015] для этого использовался анализатор LI-COR (Lincoln, NE) 4200 или 4300. Были отработаны методические подходы, касающиеся подготовки проб и условий проведения SSR-анализа. Все маркеры были протестированы с использованием ограниченной коллекции изолятов и получены результаты по размерам идентифицируемых аллелей, которые согласовывались с представленными в литературе данными [Duan et al., 2003; Ordoñez, Kolmer, 2007; Szabo, Kolmer, 2007]. С использованием отобранных маркеров будет охарактеризована коллекция изолятов *P. triticina* по SSR-полиморфизму 2006–2014 гг. и оценена корреляция в структуре по вирулентности и молекулярным маркерам.

«Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-04-00464_а».

Plant Protection News, 2015, 3(85), p. 5 – 10

STRUCTURE OF RUSSIAN POPULATIONS OF *Puccinia triticina*

E.I. Gulyaeva, E.L. Shaidayuk, I.A. Kazartsev, M.K. Aristova

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

The analysis of population structure by virulence characters of the activator of wheat brown rust *Puccinia triticina* Eriks. collected in the territory of the Russian Federation in 2011–2014 is carried out. High efficiency of Lr24 gene is shown. The increase of number of isolates virulent to wheat lines bearing Lr9 gene is revealed in the West Siberian and Ural populations. In 2013 their appearance in Central Chernozem populations is for the first time noted that can lead to defeat of the grades protected by Lr9 gene. The virulence to wheat grades bearing Lr19 gene was high in the Volga region, but met in other regions less often. The tendency of frequency increase of virulence to the Lr1 lines in the European populations remains stable. The use of an international set of 20 line-differentiators has revealed 113 phenotypes among the 1232 monopustular isolates studied. TGTKT and THTKT races are the most presented. High similarity of West Siberian and Ural populations by phenotype representation is noted. Northwestern and Central European populations have higher, than Central Chernozem and Volga populations, differences from West Siberian and Ural populations. Populations from the Rostov Region, the Krasnodar and Stavropol Territories have higher, than Dagestan population, similarity with European and Asian populations. Populations from the Kaliningrad region has essential differences from all other studied populations. 185 monopustular isolates were selected for polymorphism studying in the Russian populations by SSR markers, and DNA extraction was carried out. Efficiency of the offered 23 SSR markers for the analysis of the Russian populations was estimated, and 20 most polymorphic populations were selected. Methodical approaches were developed for carrying out the SSR analysis with use of the genetic ABI Prism 3500 analyzer (ABI-Hitachi, Japan).

Keywords: brown rust, soft wheat, virulence, Lr-gene, SSR marker.

Библиографический список (References)

- Гультьева Е.И. Тенденции изменчивости популяций *Puccinia triticina* под влиянием выращиваемых сортов пшеницы и эффективность Lr-генов в основных зернопроизводящих регионах РФ / Е.И. Гультьева, О.А. Баранова // Технология создания и использования сортов и гибридов с групповой и комплексной устойчивостью к вредным организмам в защите растений. СПб. РАСХН, Отделение защиты растений, ГНУ ВНИИЗР, 2010. С. 26–48.
- Гультьева Е.И. Вирулентность и структура популяций *Puccinia triticina* в Российской Федерации в 2007 году / Е.И. Гультьева, О.А. Баранова, А.П. Дмитриев // Вестник защиты растений. 2009. N 4. С. 333–338.
- Гультьева Е.И. Селекция на устойчивость к бурой ржавчине в России / Е.И. Гультьева, А.С. Садовая // Защита и карантин растений. 2014. N 10. С. 242–246.
- Михайлова Л.А. Структура популяций возбудителя бурой ржавчины пшеницы. III Оценка степени сходства популяций на территории СНГ в 1988–1990 гг. / Л.А. Михайлова // Микология и фитопатология. 1995. Т. 29. N 3. С. 45–51.
- Михайлова Л.А. Генетика взаимоотношений возбудителя бурой ржавчины и пшеницы / Л.А. Михайлова. Под ред. акад. РАСХН М.М. Левитина // СПб. ВИЗР, 2006. 80 с.
- Михайлова Л.А. Методы исследования генетического разнообразия популяций возбудителя бурой ржавчины пшеницы *Puccinia recondita* Rob.ex Desm.f.sp.*tritici*. / Л.А. Михайлова, Е.И. Гультьева, Н.В. Мироненко // СПб РАСХН, ВНИИЗР, Инновац. центр защиты растений, 2003. 24 с.
- Михайлова Л.А. Ареалы популяций возбудителя листовой ржавчины пшеницы / Л.А. Михайлова, С.В. Васильев // Микология и фитопатология. 1985. Т.19. N 2. С.158–63.
- Сорокина Г. К. Использование эффективных Lr-генов в селекции пшеницы на устойчивость к бурой ржавчине (Методические рекомендации) / Г. К. Сорокина, Л. А. Смирнова, В.К. Лангаева и др. ВНИИФ, ВАСХНИЛ.М., 1990. 31 с.
- Тырышкин Л.Г. Сравнительная характеристика вирулентности *Puccinia triticina* Rob. ex Desm. syn.: *Puccinia triticina* Erikss. в Среднем Поволжье / Л.Г. Тырышкин, В.Г. Захаров, В.В. Сюков // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Т. 18. N 2. С. 373–377.
- Duan X. Isolation of 12 microsatellite loci, using an enrichment protocol, in the phytopathogenic fungus *Puccinia triticina*. / X. Duan, J. Enjalbert, D. Vautrin, C. Solignac, T. Giraut // Mol. Ecol. Notes. 2003. Vol.3. P. 65–67.
- Gulyaeva E. Population structure of *Puccinia triticina* in Russia during 2007, as assessed by virulence and molecular markers / E. Gulyaeva, E. Kosman, A. Dmitriev, O. Baranova // Abstracts of oral and poster presentations of 8th International wheat conference, June 1–4. 2010. St. Petersburg, Russia. P. 258–259.

- Gulyaeva E.I. Regional diversity of Russian populations of *Puccinia triticina* in 2007/ E.I. Gulyaeva, A.P. Dmitriev, E. Kosman // Canadian J. Plant Pathology. 2012. Vol. 34. N 2. P.213–224.
- Justesen A.F. The recent history of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Denmark as revealed by disease incidence and AFLP markers / A. F. Justesen, C. J. Ridout, M. S. Hovmöller // Plant Pathology. 2002. Vol. 51. P. 13–23.
- Kolmer J.A. Russian populations of *Puccinia triticina* in distant regions are not differentiated for virulence and molecular genotype / J. A. Kolmer, M. G. Kabdulova, M. A. Mustafina, N.S. Zhemchuzhina, V. Dubovoy // Plant Pathology. 2015. Vol.64. N 2. P. 328–336.
- Kosman E. Virulence Analysis Tool (VAT). / E. Kosman, A. Dinooor, A. Herrmann, G.A Schachtel. // User Manual, 2008. <http://www.tau.ac.il/lifesci/departments/plants/members/kosman/VAT.html>
- Kosman E. Conceptual analysis of methods applied to assessment of diversity within and distance between populations with asexual or mixed mode of reproduction / E. Kosman, K. J. Leonard // New Phytol. 2007. Vol.174. P. 683–696.
- Lind V. Virulence of *Puccinia triticina* on winter wheat in Germany and the European regions of Russian Federation / V. Lind, E. Gulyaeva // J. Phytopathology. 2007. Vol. 155. N 1. P. 13–21.
- Long D.L. North American system of nomenclature for *Puccinia recondita* f.sp. *tritici* / D.L. Long, J. A. Kolmer // Phytopathology. 1989. Vol.79. P. 525–529.
- Mains E.B. Physiologic specialization in the leaf rust of wheat; *Puccinia triticina* Erikss. / E.B. Mains, H. S. Jackson // Phytopathology. 1926. Vol.16. P. 89–120.
- Ordoñez, M. E. Simple sequence repeat diversity of a worldwide collection of *Puccinia triticina* from durum wheat / M. E. Ordoñez, J. A. Kolmer // Phytopathology. 2007. Vol. 97. P. 574–583.
- Szabo L.S. Development of simple sequence repeat markers for the plant pathogenic rust fungus *Puccinia triticina* / L.S. Szabo, J. A. Kolmer // Mol. Ecol. Notes. 2007. Vol.7. P. 708–710.

Translation of Russian References

- Gulyaeva E.I., A.S. Sadovaya. Selection for resistance to brown rust in Russia. Zashchita i karantin rastenii. 2014. N 10. P. 242–246. (In Russian).
- Gulyaeva E.I., O.A. Baranova Tendencies of *Puccinia triticina* population variability under the influence of grown-up wheat grades, and efficiency of Lr-genes in the main grain producing regions of Russian Federation. In: Tekhnologiya sozdaniya i ispol'zovaniya sortov i gibrinov s gruppovoi i kompleksnoi ustoychivost'yu k vrednym organizmam v zashchite rastenii. St. Petersburg. RASKhN, VIZR, 2010. P. 26–48. (In Russian).
- Gulyaeva E.I., O.A. Baranova, A.P. Dmitriev. Virulence and *Puccinia triticina* population structure in the Russian Federation in 2007. Vestnik zashchity rastenii. 2009. N 4. P. 333–338. (In Russian).
- Mikhailova L.A. Genetics of relationship of brown rust activator and wheat. Ed. M.M. Levitin. St. Petersburg. VIZR, 2006. 80 p. (In Russian).
- Mikhailova L.A. Population structure of wheat brown rust activator. III. Assessment of population similarity degree in the territory of CIS countries in 1988–1990. Mikologiya i fitopatologiya. 1995. T. 29. N 3. P. 45–51. (In Russian).
- Mikhailova L.A., E.I. Gulyaeva, N.V. Mironenko. Research methods for genetic diversity of populations of the activator of wheat brown rust *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici*. St. Petersburg. RASKhN, VIZR, 2003. 24 p. (In Russian).
- Mikhailova L.A., S.V. Vasil'ev. Areas of populations of wheat leaf rust activator of. Mikologiya i fitopatologiya. 1985. V.19. N 2. P. 158–63. (In Russian).
- Sorokina G. K., L. A. Smirnova, V.K. Langavaya et al. Use of effective Lr-genes in selection of wheat for resistance to brown rust (Methodical recommendations). VNIIF, VASKhNIL. M., 1990. 31 p. (In Russian).
- Tyryshkin L.G., V.G. Zakharov, V.V. Syukov. Comparative characteristics of virulence of *Puccinia triticina* Rob. ex Desm. syn.: *Puccinia triticina* Erikss. in Middle Volga region. Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2014. T. 18. N 2. P. 373–377. (In Russian).

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург – Пушкин, Российская Федерация
 *Гулыяева Елена Ивановна. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: gullena@rambler.ru
 Шайдаюк Екатерина Львовна. Младший научный сотрудник
 Казарцев Игорь Александрович. Научный сотрудник, кандидат биологических наук
 Аристова Мария Константиновна. Лаборант-исследователь.

* Ответственный за переписку

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg – Pushkin, Russian Federation
 *Gulyaeva Elena Ivanovna, Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: gullena@rambler.ru
 Shaidayuk Ekaterina L'vovna, Junior Researcher
 Kazartsev Igor Aleksandrovich, Researcher, PhD in Biology
 Aristova Mariya Konstantinovna. Laboratorian Researcher

* Responsible for correspondence

УДК 632.651/. 937.15 : 576.895.4

СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ И ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ НЕМАТОД (*STEINERNEMATIDAE*) И ИХ СИМБИОТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ (*XENORHABDUS*) ПРОТИВ НАСЕКОМЫХ И ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ЗАБОЛЕВАНИЙ РАСТЕНИЙ

Л.Г. Данилов, В.А. Павлюшин

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Приведены результаты многолетних исследований по разработке технологий производства и применения биологических препаратов немабакт и энтонем-Ф, изготавливаемых на основе энтомопатогенных нематод из семейства *Steinernematidae*. Биологическая эффективность нематодных препаратов выявлена в отношении ряда видов насекомых-вредителей сельского хозяйства – долгоносики, проволочники на картофеле и кукурузе, капустные мухи на капусте, личинки колорадского жука, личинки майского хруща, грибные комарики, медведка, яблонная и сливовая плодоярки, вишневая муха, облепиховая муха, смородиновая стеклянница. ФГБНУ ВИЗР совместно с ООО «Биодан» зарегистрированы на территории России два биологических препарата на основе энтомопатогенных нематод – энтонем-Ф и немабакт. Многолетние исследования послужили основой для разработки промышленной технологии производства нематодных препаратов. Ряд технологических узлов промышленной технологии уже включены в созданную и функционирующую на

базе ФГБНУ ВИЗР опытно-технологическую линию. Практическое использование энтомопатогенных нематод во многом определяется наличием эффективных препаративных форм. В разработанных 3 препаративных формах жизнеспособность инвазионных личинок сохраняется в течение месяца при комнатной температуре и до одного года - в условиях хранения при низких температурах (2–8°C). Нематодные препараты востребованы сельхозпроизводителями различных форм собственности, как крупных агропромышленных комплексов, так и крестьянских фермерских хозяйств, владельцев личных подсобных участков и садоводческих товариществ. Рассматривается в качестве перспективного направление по изучению возможности использования токсинов симбиотических бактерий в обеспечение альтернативного способа борьбы с вредителями и болезнями растений.

Ключевые слова: энтомопатогенные нематоды, *Steinernematidae*, немабакт, энтонем-F, *Xenorhabdus*, технологии производства и применения.

В решении узловой проблемы достижения фитосанитарной безопасности агроэкосистем важное место занимает рациональное соотношение химической и биологической защиты растений [Долженко, 2013]. В настоящее время в мировой практике разрабатываются системы мероприятий, при которых основными методами снижения численности вредителей станут экологические, способствующие размножению и повышению активности естественных врагов вредителей [Белякова, Павлюшин, 2011]. Так, в борьбе с насекомыми-вредителями важное место отводится использованию их естественных врагов – паразитов, хищников, возбудителей заболеваний. В связи с этим в последние два десятилетия возрос интерес к энтомопатогенным нематодам (ЭПН) из семейств *Steinernematidae* и *Heterorhabditidae*, (класс *Nematoda*).

Указанные нематоды – микроскопические черви, способные заражать более тысячи видов насекомых из различных отрядов, поражая все фазы развития, кроме яйца. Они хорошо адаптированы к различным условиям влажности, температуры, механического и химического состава различных типов почв, поэтому ЭПН встречаются на всех континентах за исключением Антарктики и почти во всех широтах и высотах над уровнем моря [Poinar, 1990].

Инвазионные личинки этих паразитов приспособлены к длительному существованию в почве без питания, совместимы с рядом средств защиты растений, их можно вносить в почву и на растения любым типом опрыскивателей. Устойчивость ко многим современным пестицидам и безопасность для человека, теплокровных животных и растений позволяет использовать энтомопатогенных нематод в качестве средства борьбы с насекомыми.

Энтомопатогенные нематоды интенсивно размножаются в насекомых и на искусственных питательных средах, их можно применять обычными методами; оставаясь в почве, они могут длительное время (более 2-х лет) существовать без питания в отсутствие насекомого-хозяина. Важно подчеркнуть некоторые особенности в патогенезе нематодозов насекомых: активное проникновение инвазионных личинок в тело насекомых, выпуск в гемолимфу высокотоксичных для насекомого симбиотических бактерий, бурное деление которых, способствует развитию и размножению нематод в теле насекомых. Устойчивость ко многим современным пестицидам и отсутствие патогенного действия на растения, дождевых червей и позвоночных позволяет использовать этих паразитов в программах управления численностью насекомых-вредителей.

Использование ЭПН в Европе в биологической борьбе с вредителями повсеместно повысилось (табл. 1 и 2).

Биологические препараты на основе ЭПН в коммерческих целях производятся на 4 континентах и успешно применяются против вредителей, связанных с почвой и в

Таблица 1. Производство и применение препаратов, изготовленных на основе энтомопатогенных нематод вида *Steinernema feltiae*

Название препарата	Страна, осуществляющая производство, либо применение препарата
Entonem	Швейцария, Италия, Англия, Финляндия, Польша
Exhibit F27	Австрия, Германия
Exhibit SF-WDG	Италия, Англия
Nemalogy	Швеция
Nemasis	Бельгия, Франция, Италия, Ирландия, Англия, Финляндия
Nemasis M	Италия, Ирландия, Англия
Nematoden gegen Tramerucken	Австрия
Otinem S	Швейцария
Owinema	Польша
Novonem S	Германия
Parasitare Nematoden gegen Tramerucken	Германия
Tramnem	Швейцария
Sukkula	Финляндия
Steinernema system	Австрия

Таблица 2. Производство и применение препаратов, изготовленных на основе энтомопатогенных нематод вида *Steinernema carpocapsae*

Название препарата	Страна, осуществляющая производство, либо применение препарата
Exhibit	Швейцария
Exhibit G25	Германия
Exhibit SC-WDG	Италия, Англия
Biosafe	Ирландия
CalaeFlor	Германия
Boden Nutzlinge	Германия
Sanoplan	Германия
Alchem	Швейцария

качестве биологических агентов приобретают все большее значение, уступая лишь *Bacillus thuringiensis* [Liu et al., 2000].

В ряде стран разрабатываются технологии промышленного производства штейнернематид и гетерорабдитид [Bedding, 1984; Ehlers, 2001; Данилов, 2005]. В настоящее время в США, Канаде и европейских странах производством, оптовой и розничной реализацией ЭПН занимаются 83 компании [Grewal, Power, 2000].

В Российской Федерации на базе ФГБНУ ВИЗР в течение 50 лет изучаются особенности биологии, разрабатываются технологии производства, применения и создания биопрепаратов на основе ЭПН [Pavlyushin et al., 1998; Данилов, 2006]. ГНУ ВИЗР совместно с ООО «Биодан» в

2007 зарегистрировали на территории РФ два биологических препарата на основе энтомопатогенных нематод – энтоном – F (основа препарата – нематоды вида *Steinernema feltiae* штамм *SRP 18-91*) и немабакт (основа препарата – вид нематод *S. carpocapsae* штамм «*agriotos*»).

Указанные биопрепараты уникальны, поскольку позволяют решить проблему защиты растений от насекомых – вредителей растений, обитающих в почве, в ходах стеблей и стволов. Заметим, что для борьбы с насекомыми в почве ассортимент химических средств защиты растений насчитывает лишь единичные препараты, относящиеся к высокотоксичным для теплокровных соединениям и отрицательно влияющих на окружающую среду.

По результатам многолетних испытаний биологическая эффективность нематодных препаратов оказалась достаточно высокой на экономически значимых видах насекомых – вредителей сельского хозяйства: трипсы – 86-98%; сверчки на 4 сутки 77,9% и на 30 сутки – 100%; минирующие мухи – 80-90%; долгоносики – 64-100 %; на шампиньонах против грибных комариков – 60-90%, проволочники на картофеле и кукурузе – 97,9%, капустные мухи – 60-90%, яблонная и сливовая плодовая муха – 80-100%, личинки колорадского жука – 80%, вишневая муха – 85%, облепиховая муха 93-100%, медведка – 80%, личинки майского хруща – 70-90%, смородинная стеклянница 88,8%, клоп черепашка (вредитель зерновых) – 60%, саранчовые – 75%, овода на животных – 80-100%. При однократном применении препарата обеспечивается защита растений от вредителей в течение вегетационного периода.

Многолетние исследования послужили основой для разработки промышленной технологии производства нематодных препаратов. Ряд технологических узлов промышленной технологии уже включены в созданную и функционирующую на базе ВИЗР опытно-технологическую линию производства препаратов на основе ЭПН, оригинальность которой подтверждена решением о выдаче патентов на линию [Данилов, Айрапетян, 2004; Данилов, 2012]. С разработкой технологии культивирования нематод на искусственных питательных средах впервые в нашей стране появилась реальная возможность создания промышленных производств по наработке нематодных препаратов.

Практическое использование энтомопатогенных не-

матод во многом определяется наличием препаративных форм, гарантирующих выживание инвазионных личинок в процессе хранения, транспортировки и применения препаратов. В отличие от многообразия препаративных форм, известных для химических средств защиты растений, энтомопатогенные нематоды как живые организмы весьма требовательны к условиям существования в период длительного хранения.

Наилучшая жизнеспособность инвазионных личинок достигается в препаративной форме, изготавливаемой на основе агара микробиологического, сапонина и белой сажки. Продолжительность сохранения жизнеспособности инвазионных личинок в этой препаративной форме до одного месяца при комнатной температуре и до одного года – в условиях хранения при низких температурах (2-8°C). При этом инвазионные личинки не теряют патогенность в отношении насекомых-хозяев. Препаративная форма технологична в применении, так как в воде препарат растворяется без осадка. В 1 г препаративной формы можно хранить до 350 тыс. нематод, что в расчёте на гектарную норму их применения составит 15 кг [Данилов и др., 2003].

Длительность хранения чистых культур симбиотических бактерий достигается при разработанном в ВИЗР способе хранения в лиофилизированном состоянии, что свидетельствует о возможности в течение 7 месяцев иметь запас посевного материала бактерий для успешного функционирования промышленного производства. Таким образом снимается один из критических вопросов в технологиях массового производства биологических препаратов, изготавливаемых на основе ЭПН [Данилов и др., 2014].

Созданные в ВИЗР 3 новые препаративные формы нематодных препаратов по своим характеристикам превосходят зарубежные аналоги.

В инновационном освоении результатов использования ЭПН в биологической защите растений (рис.) особое значение имеет опытно-технологическая линия ВИЗР по наработке опытных образцов культур энтомопатогенных нематод, которая позволяет получать и размножать маточные культуры моноксенных инвазионных личинок и первичные формы симбиотических бактерий любого из перспективных видов и штаммов нематод, и обеспечивать исследовательский процесс экспериментальными образцами культур нематод в объёмах, необходимых для проведения полевых и производственных испытаний.

Изучены особенности биологии, экологии и паразитическая активность ЭПН (*Steinematidae*) в отношении 38 фитофагов (саранчовые, чешуекрылые, колорадский жук, проволочники, долгоносики и др.)

Особенности:
- повышенная инвазионная активность,
- размножение нематод внутри тела насекомого-хозяина и на искусственных питательных средах,
- наибольшая представленность ЭПН в необрабатываемых почвах (лесополосы, сады и др.)

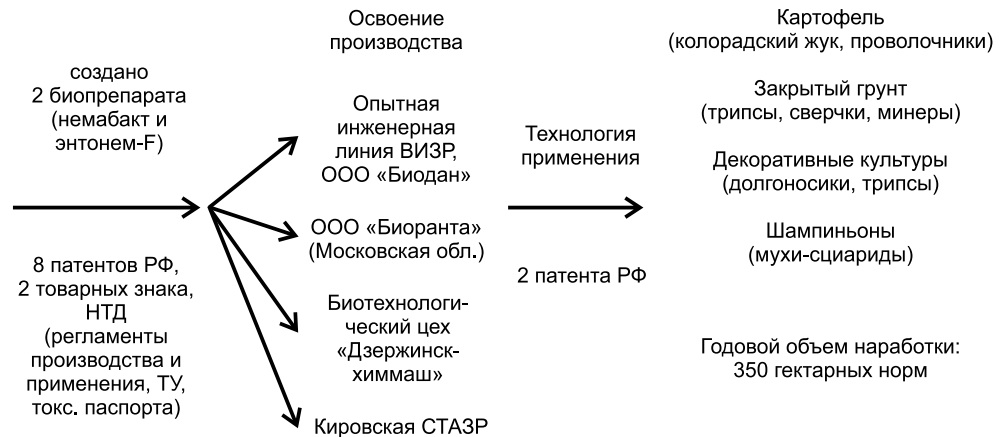


Рисунок. Использование энтомопатогенных нематод (ЭПН) в защите сельскохозяйственных культур от вредных насекомых (ФГБНУ ВИЗР, 2015 г., инновационное освоение)

С разработкой технологии культивирования нематод на искусственных питательных средах впервые в нашей стране появилась реальная возможность масштабирования производства нематодных препаратов.

В этой связи ГНУ ВИЗР в 2006 году было принято решение о представлении данного проекта для участия в конкурсной программе «СТАРТ», проводимой Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (МП НТС).

Этот Фонд в форме государственной некоммерческой организации учрежден постановлением Правительства РФ от 03.02.94 № 65. Одним из условий конкурса было представление проекта частной фирмой, в связи с чем на базе ВИЗР была создана фирма ООО «Биодан». Фонд, как представитель государства, софинансировал НИОКР ООО «Биодан» в течение двух лет.

О востребованности наших препаратов со стороны сельхозпроизводителей различных форм собственности свидетельствуют результаты реализации готовой продукции за последние 3 года (2012–2014). Нематодные препараты ежегодно закупаются отдельными партиями крупными агропромышленными комплексами и тепличными комбинатами – производителями овощей и декоративных цветочных культур (ЗАО «РоузХилл», Калуга; ЗАО Агрофирма «Выборжец», Лен. обл.; СХПК Комбинат «Тепличный», Вологда; ЗАО Агрокомбинат «Московский»; ООО «Экологическая ферма Алёховщина», Лен. обл.; ФГБНУ Ботанический институт им. В.Л.Комарова РАН, Санкт-Петербург; ЗАО «Розовый Сад», Калужская обл.; ООО ТК «Ростовский», Ростовская обл.; ЗАО «Нежинское», Ставропольский край; ОАО «Индустриальный», Барнаул; ЗАО «Агрофирма «Ольдеевская», Чебоксары; ООО «Весна», Ставропольский край; ОАО «КБП» НПЦ биотехнологии «Фитогенетика», Тульская обл.; КФХ Мазохин, Астраханская обл.; Филиал ФГБУ «Россельхозцентр» по Астраханской обл.). В небольших объемах препараты закупаются крестьянскими фермерскими хозяйствами и владельцами личных подсобных участков и садоводческих товариществ.

Актуальна маркетинговая работа по подготовке рынка сбыта нематодных препаратов путем размещения информационного материала в средствах массовой информации: журналы «Защита и карантин растений», «Теплицы России», «Приусадебное хозяйство», «Флора», «6 соток», «Агро-Эксклюзив».

Осуществляется также реклама препаратов путем демонстрационных испытаний на ряде культур и объектов и участием в различных выставках достижений сельскохозяйственной практики. Так, например на VI Международном салоне инноваций и инвестиций, проходившем в Москве 7–10 февраля 2006 года, нематодный проект был награжден ДИПЛОМОМ I степени Международным Фондом Биотехнологий им. академика И.Н. Блохиной. Кроме того, ООО «Биодан» получен диплом за активное участие в работе IV Международной выставке-конференции «Биоиндустрия», проходившей в Санкт-Петербурге 15–17 октября 2014 года.

Симбиотические бактерии ЭПН привлекают все большее внимание со стороны исследователей при изучении возможностей их применения в качестве биологических агентов. Впервые Датки и др. [Dutky et al., 1964] пред-

положили, что бактерии, которые живут как симбионты ЭПН, производят антибиотики, что было затем подтверждено Акюрстом [Akhurst, 1985], который показал, что эти бактерии синтезируют антибиотики, подавляющие рост бактерий и грибов.

Ряд исследователей приступили к изучению возможности использования токсинов симбиотических бактерий против насекомых [Rachon et al., 2011] и возбудителей заболеваний растений.

Симбиотические бактерии рода *Xenorhabdus* секретируют широкий спектр веществ в культуральную среду, в том числе липазы, протеазы, антибиотики, липополисахариды [Wang et al., 2008].

Открытие и успешное использование новых природных антибиотиков симбиотических бактерий может расширить биологический способ борьбы с вредителями и болезнями растений. В этой связи в ВИЗР также проводятся исследования по поиску и изучению бактериальных культур симбиотических бактерий, связанных с различными видами и изолятами ЭПН из природных популяций этих паразитов.

При изучении действия продуктов метаболизма симбиотических бактерий рода *Xenorhabdus* энтомопатогенных нематод *Steinernema carpocapcae* штамм «agriotos» (*Rhabditida*, *Steinernematidae*) на различные виды фитопатогенных грибов (по наличию зон лизиса) отмечена фунгицидная активность бактерий против ряда штаммов фитопатогенов (*Fusarium solani*, *F. culmorum*, *Alternaria solani*, *Bipolaris sorokiniana* и др.).

В дальнейшем, с целью разработки эффективных биологических препаратов, целесообразно продолжить изучение симбиотических бактерий энтомопатогенных нематод (*Rhabditida*, *Steinernematidae*), выделенных из природных популяций этих паразитов, против возбудителей заболеваний растений и выявлению штаммов с высокой антимикробной активностью продуктов их жизнедеятельности.

В качестве первоочередных задач работы по ЭПН нами планируется:

1. Изучение биоэкологических особенностей перспективного изолята *Steinernema feltiae protense* subsp. N. (*Nematoda*: *Steinernematidae*) с целью создания биологического препарата, современных технологий его производства и эффективного использования против насекомых-вредителей в биоценозах различных климатических зон.

2. Изучение инсектицидной, антимикробной и нематодной активности нематодно-бактериального комплекса энтомопатогенных нематод *S. feltiae protense* (*Rhabditida*, *Steinernematidae*) против насекомых и возбудителей заболеваний растений.

3. Проведение испытаний и определение эффективности использования биологических препаратов нематод и энтонем- F в региональных интегрированных системах защиты продовольственных сельскохозяйственных культур (картофель, овощные, сахарная свекла, рапс).

4. Подготовка материалов и проведение Государственных испытаний нематод *S. feltiae protense* с целью регистрации их в качестве нового биологического препарата на территории России.

5. Расширение исследования по изучению возможности использования продуктов метаболизма симбиотиче-

ских бактерий в качестве средства борьбы с почвенными фитопатогенами и фитонематодами. О перспективности таких исследований свидетельствуют данные зарубежных авторов и результаты нашей работы в предыдущие годы.

При масштабировании производства биологических препаратов немабакт и энтонем- F основными направлениями работы могут быть следующие:

1. Определение эффективности и разработка технологий применения нематод *S. feltiae protense* против насекомых вредителей на различных культурах и объектах. Изучение возможности и отработка режимов культивирования

нематод *S. feltiae protense* на искусственных питательных средах. Наличие трех нематодных препаратов расширяет возможности контроля наиболее значимых фитофагов.

2. Разработка приемов и способов сохранения инвазионной активности и патогенности нематодных культур использованием популяционно-генетического анализа природных популяций.

3. Разработка приемов и способов сохранения чистоты препаративных форм нематодных культур (отсутствие сапробиотических видов нематод).

Plant Protection News, 2015, 3(85), p. 10–15

STATUS AND PROSPECTS OF STUDYING AND PRACTICAL USE OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES (*STEINERNEMATIDAE*) AND THEIR SYMBIOTIC BACTERIA (*XENORHABDUS*) AGAINST INSECTS AND PLANT PATHOGENS

L.G. Danilov, V.A. Pavlyshin

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

The results of many-years researches are provided on the technologies of production and use of biopreparations Nemabact and Entonem-F manufactured on the basis of entomopathogenic nematodes of the family *Steinernematidae*. According to the results of testing, the biological efficacy was revealed for nematodes identified in several insect species of agricultural pests, such as weevils, wireworms, cabbage maggot, Colorado potato beetle larvae, may beetle larvae, fungus gnats, mole cricket, codling and plum fruit moths, cherry fly, sea-buckthorn fly, clear underwings. Two biological preparation based on entomopathogenic nematodes, Nemabact and Entonem-F, were registered on the territory of the Russian Federation. Many-years research has formed the basis for the development of industrial technology for production of nematode drugs. A number of technological industrial technology nodes are already included in the created and functioning pilot production line. The practical use of entomopathogenic nematodes is largely determined by the availability of preparative forms. The 3 preparative forms preserve the viability of infective larvae during a month at room temperature and up to one year at low temperature (2-8°C). Nematode preparations are demanded by agricultural producers of different ownership forms, such as large agribusinesses and farmers, and owners of private plots and gardening companies. The use of symbiotic bacteria toxins is considered promising direction which can provide an alternative method of plant pest and disease control.

Keywords: entomopathogenic nematode; *Steinernematidae*; Nemabact; Entonem-F; *Xenorhabdus*; technology, production, application.

Библиографический список (References)

- Белякова Н.А., Павлюшин В.А. Современные тенденции в развитии технологий разведения и применения многоядных энтомоакарифагов в защищенном грунте // Информ. бюл. ВПРС МОББ. СПб., ВИЗР. 2011. N 42. С. 29–34.
- Данилов Л.Г. Научно-методические основы изучения энтомопатогенных нематод (Rhabditidae: Steinernematidae) и создания промышленных производств препаратов на их основе / Биологические средства защиты растений, технологии их изготовления и применения, СПб., 2005. С. 282–294.
- Данилов Л.Г. Технологии производства и применения в теплицах биопрепаратов на основе энтомопатогенных нематод (Rhabditidae: Steinernematidae, Heterorhabditidae) / Теплицы России, N1, 2006. С. 42–45.
- Данилов Л.Г., Айрапетян В.Г. Способ и линия для производства биологических препаратов на основе энтомопатогенных нематод. Патент N 2239315, Бюл. N 31, 2004.
- Данилов Л.Г., Айрапетян В.Г., Искрицкий В.Л. Способ получения препаративной формы для хранения энтомопатогенных нематод семейств Steinernematidae и Heterorhabditidae. Патент N 221029. Бюл. N 23, 2003.
- Данилов Л.Г. Способ для производства биологических препаратов на основе энтомопатогенных нематод. Патент N 2444195. Бюл. N7, 2012.
- Данилов Л.Г., Айрапетян В.Г., Нашекина Т.Ю. Способ подготовки симбиотических бактерий рода *Xenorhabdus*, выделенные из нематод вида *Steinernema feltiae protense* к хранению. Патент РФ N 2053790, А 61К 39/02, 20.07. 2014.
- Доляженко В.И.: Интегрированная защита растений. Доклад на Международной научной конференции «Современное состояние и перспективы инноваций биометода в сельском хозяйстве» (9–12 сентября 2013, г. Одесса, 2013).
- Akhurst R. J. The nematode/bacterium complex *Steinernema glaseri*/*Xenorhabdus nematophilus* subsp. *Poinarii*) pathogenic for root-feeding scarb larvae. / Proc. 4th Australasian Conf. on Grassl. Invert. Ecol. Lincoln. College. Centerbury. 1985. Vol.43. P. 261 – 267.
- Bedding R. A. Large scale production, storage and transport of the insectparasite nematodes *Neoplectana* spp. and *Heterorhabditis* spp. / Ann. Appl. Biol. 1984. Vol. 104(1). P.117 – 120.
- Dutky S.R., Thompson J.V., and Cannwell G.E. A technique for the mass propagation on the DD-136 nematode / J. Insect Pathol., 1964. N.6. P. 417– 422.
- Ehlers R.U. Mass production of entomopathogenic nematodes for plant protection / Appl. Microbiol. Biotechnol., 2001. Vol. 56 (5–6). P. 623–633.
- Grewal P., Power K. Commercial sources insect parasitic nematodes. 2000. P. 1–7.
- Liu J., Poinar G., O., Berri R. E. Control of insect pests with entomopathogenic nematodes: the impact of molecular biology and phylogenetic reconstruction / Ann. Appl. Entomol. 2000. Vol. 45(1). P. 287–306.
- Pavlyushin V.A., Danilov L.G., Antonova I. A. Nemabacte, nouvelle biopreparation a base de nematodes entomopathogenes / Exposition Seminaire Russe-Tunisien «Protection biologique des cultures legumieres et fruitieres contre des revageus et maladies».– S.- Petesbourg, Poushkin, 1998, P. 23–24.
- Poinar G. O. Taxonomy and biology of Shteinerneimatidae and Heterorhabditidae // Entomopathogenic nematodes in biological control / Eds.: R. Gaugler and H.K. Kaya. - Boca Ration, FL: CRC Press. 1990. P. 23–61.
- Raho A. M., Mukhtar T., Gowen S. R. and Pembroke B.. Virulence of Entomopathogenic Bacteria *Xenorhabdus bovienii* and *Photorhabdus luminescens* Against *Galleria mellonella* Larvae. Pakistan / J. Zool.. 2011 V. 43. N.3. P. 543–548.
- Wang YH, Li YP, Zhang Q, Zhang X. Enhanced antibiotic activity of *Xenorhabdus nematophila* by medium optimization. / Bioresour. Technol. 2008. Vol. 99. P. 1708–1715.

Translation of Russian References

- Belyakova N.A., Pavlyushin V.A. Current trends in development of cultivation technologies and application of polyphagous entomopathogenic nematodes on covered soil. Inform. byul. VPRS MOBB. St. Petersburg, VIZR. 2011. N 42. P. 29–34. (In Russian).
- Danilov L.G. Method of biological preparation production based on entomopathogenic nematodes. Patent N 2444195. Byul. N7, 2012. (In Russian).
- Danilov L.G. Method of production and application in greenhouses of biological preparations based on entomopathogenic nematodes (Rhabditidae: Steinernematidae, Heterorhabditidae). Teplitsy Rossii, N1, 2006. P. 42–45. (In Russian).
- Danilov L.G. Scientific and methodical bases of studying entomopathogenic nematodes (Rhabditidae: Steinernematidae) and creation of industrial nematode preparation production. Biologicheskie sredstva zashchity rastenii, tekhnologii ikh izgotovleniya i primeneniya, St. Petersburg, 2005. P. 282–294. (In Russian).
- Danilov L.G., Airapetyan V.G. Method of and line for production of biological preparations based on entomopathogenic nematodes. Patent N 2239315, Byul. N 31, 2004. (In Russian).
- Danilov L.G., Airapetyan V.G., Iskrikskii V.L. Method of preparation form production for storage the entomopathogenic nematodes of the families Steinernematidae and Heterorhabditidae. Patent N 221029. Byul. N 23, 2003. (In Russian).
- Danilov L.G., Airapetyan V.G., Nashchekina T.Yu. Method of preparation of symbiotic bacteria of the genus *Xenorhabdus* allocated from nematode *Steinernema feltiae protense* for storage. Patent N 2053790, A 61K 39/02, 20.07.2014. (In Russian).
- Dolzhenko V.I. Integrated pest management. Report at the International Scientific Conference «Current State and Prospects of Biocontrol Innovations in Agriculture» (September 9–12, 2013, Odessa, 2013). (In Russian).

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург – Пушкин, Российская Федерация
 *Данилов Леонид Григорьевич. Ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: biodan@mail.ru
 Павлюшин Владимир Алексеевич. Директор ВИЗР, доктор биологических наук, e-mail: vizrspb@mail333.com

* Ответственный за переписку

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg – Pushkin, Russian Federation
 *Danilov Leonid Grigoryevich, Leading Researcher, DSc in Agriculture, e-mail: biodan@mail.ru
 Pavlyushin Vladimir Alekseevich, Director of VIZR, DSc in Biology, e-mail: vizrspb@mail333.com

* Responsible for correspondence

УДК 632.654/.938.1+582.681.71

ОСОБЕННОСТИ ПИЩЕВОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ПАУТИННОГО КЛЕЩА *TETRANYCHUS URTICAE* КОСН: ВЛИЯНИЕ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛИСТЬЕВ РАЗНЫХ ЯРУСОВ ОГУРЦА НА ПОВЕДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ФИТОФАГА

В.А. Раздобурдин, Г.Е. Сергеев

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Пищевая специализация фитофагов, обусловленная особенностями физиологии их питания и пищеварения, направлена на наиболее эффективное использование корма и является основой явлений устойчивости растений к консументам. Исследовалась пищевая специализация паутинного клеща – одного из главных вредителей огурца в теплицах. В теплице ВИЗР на контрастных по устойчивости к вредителю сортообразцах огурца Грибовчанка F1 (Россия) и Вр. к-2732 (Бангладеш, образец из Мировой коллекции ВИР) изучалось размещение особей клеща по ярусам листьев главного побега. В лабораторных условиях на высечках из листьев разных ярусов оценивалось избирательное поведение самок при питании, их плодовитость и развитие фитофага от яйца до имаго. Показано, что развитие клеща определяется генотипическими свойствами растений, но при различной его численности на сортообразцах вредитель количественно преобладает на листьях верхних ярусов. Установлено, что морфофизиологические особенности метамеров разных ярусов, обусловленные их возрастным состоянием, влияют на поведение и развитие фитофага, что может зависеть от генотипических свойств огурца. На обоих сортообразцах огурца предпочтительность вредителем листовых пластинок для питания, плодовитость самок, а на Грибовчанке – и выживаемость ювенильных особей фитофага, возрастают от нижних ярусов листьев к верхним. В отличие от Грибовчанки, на Вр. к-2732, растения которого способны к образованию кукурбитацинов, связи выживаемости неполовозрелых особей с морфофизиологическим состоянием листьев не выявлено. Предполагается, что эти вещества вторичного обмена могут определять высокую смертность личинок клеща, но на плодовитость вредителя влияют существенно слабее. Условия для питания и развития фитофага, улучшающиеся от нижних ярусов листьев к верхним, в совокупности с особенностями поведения паутинного клеща создают предпосылки для вспышки роста его численности на растениях.

Ключевые слова: устойчивость огурца к паутинному клещу, онтогенетическая пищевая специализация вредителя.

Основой взаимоотношений растений и фитофагов является удовлетворение пищевых потребностей консументов. В процессе длительной сопряженной эволюции в системах «растение – фитофаги» автотрофы приобретали черты, обеспечивающие им самозащиту, предохранение от повреждений консументами. Приспособления фито-

фагов к растениям были направлены на наиболее эффективное их использование как источника пищи и среды обитания. Результатом коэволюции явилось: у растений – становление систем иммуногенетических механизмов, ограничивающих жизнедеятельность биотрофов; у фитофагов – формирование пищевой специализации, обеспе-

чивающей им относительно гомеостатические условия питания и стабилизацию поступления необходимых организму энергетических и пластических веществ (Вилкова, Шапиро, 1973; Шапиро 1985). Знание пищевой специализации фитофагов необходимо для понимания сущности их вредоносности, для разработки и совершенствования методов выявления устойчивых к вредителям форм растений в процессе селекции новых сортов и гибридов.

Пищевая специализация фитофагов имеет различные категории: гостальная, онтогенетическая, топическая [Слепян, 1973; Шапиро, 1985]. Гостальная специализация обуславливает способность биотрофа заселять и развиваться на растениях, относящихся к определенным систематическим группам. Онтогенетическая специализация фитофага связана с приуроченностью в питании к определенным возрастным периодам развития растения и его органов, обуславливающих их морфофизиологическое состояние. Топическая специализация обуславливает способность консумента получать полноценную пищу при условии его локализации на определенных органах растения (органотропность) и их тканях (гистотропность).

Паутинный клещ – широко распространенный вредитель огурца в теплицах, недобор урожая культуры от которого при отсутствии мер по защите растений может составлять 40–60% и более. Высокая плодовитость и сравнительно короткий преимагинальный период в онтогенезе вредителя, низкая в условиях теплиц естественная смертность на огурце, а также способность к партеногенезу обуславливают быстрый рост численности его популяций.

Методика исследований

Исследования проводились в теплице ВИЗР на вегетирующих растениях и в лабораторных условиях на двух сортаобразцах огурца: Грибовчанка F1 (Россия); Вр. к-2732 (Бангладеш, образец из Мировой коллекции ВИР). Данные сортаобразцы являются полярными по групповой устойчивости к вредителям, в том числе – к паутинному клещу. Растения пчелоопыляемого Вр. к-2732 способны к образованию кукурбитаценов – веществ вторичного обмена из группы тетрациклических тритерпеноидов, характерных для сем. Cucurbitaceae. Партенокарпический гибрид Грибовчанка генетически не способен к образованию этих веществ, теневыносливый, хорошо переносит резкие колебания температуры, сравнительно холодостойкий. В теплице растения выращивались в вегетационных сосудах, содержащих 5 л почвы. Растения формировались в один стебель – все боковые побеги удалялись. Уход за растениями проводился в соответствии с технологией возделывания огурца в теплицах. В соответствии с планом проведения экспериментов каждый сортаобразец был представлен двумя группами растений – по 5 и по 3 экземпляра. Паутинного клеща разводили на растениях бобов.

В целях изучения характера заселения паутинным клещом листьев по вертикали побега 5 растений каждого сортаобразца в фазе 1-го настоящего листа были заселены вредителем: на листовую пластинку помещали 5 самок фитофага. Через 45 суток на растениях в фазе начала плодоношения подсчитывалось количество взрослых самок клеща на листьях 2, 6, 10, 14, 18 и 22 яруса, считая от корня. Доля особей, обитающих на указанных модельных листьях, рассчитывалась от суммы самок вредителя на данных метамерах.

В лабораторных условиях на высечках из листовых пластинок изучалось поведение и развитие паутинного клеща на листьях указанных ярусов огурца. Для этого на трех растениях, которые клещом не заселялись, из центральной части модельных листьев разных ярусов с помощью пробкового сверла (диаметр – 15 мм) вырезались высечки.

По гостальной специализации паутинный клещ – полифаг, способен питаться на растениях более чем 200 видов из 30 семейств. Огурец в теплицах – наиболее благоприятное растение для питания клеща. По органотропности вредитель – филлофаг, обитает на листьях, преимущественно на нижней их стороне. Клещ обладает колюще-сосущим ротовым аппаратом и питается содержимым клеток мезофилла листа. Заселение огурца в теплицах паутинным клещом может происходить на любой стадии онтогенеза растения, начиная с фазы семядольных листьев. При этом на семядольных листьях вредитель предпочитает питаться вдоль краев нижней стороны листовой пластинки. На настоящих листьях клещи избирают для питания центральную часть у основания листовой пластинки между основными жилками [Раздобурдин, 1984].

Онтогенетическая пищевая специализация паутинного клеща изучена недостаточно. Следует также отметить, что лист огурца является достаточно обширным местом обитания для клещей, имеющих мелкие размеры (самка – 0.3 – 0.5 мм, личинка – 0.13 – 0.15 мм). Преимагинальное развитие особей вредителя, в течение которого они в стадии личинки наиболее уязвимы при действии неблагоприятных экологических факторов, как правило, проходит на том же листе, где самкой были отложены яйца. Целью наших исследований было изучение влияния морфофизиологических особенностей листьев, обусловленных их возрастным состоянием, местоположением на побеге огурца, на поведение и развитие паутинного клеща.

Часть высечек помещалась в 75%-ый спирт для фиксации и дальнейшего морфо-анатомического анализа. Остальные высечки верхней стороной листовой пластинки укладывались в чашки Петри на влажную вату. В каждой чашке Петри располагалось 12 высечек из листа одного яруса с 3-х растений (по 4 высечки с растения). На каждую высечку кисточкой помещалось по 1 взрослой самке вредителя.

В целях получения одновозрастных самок для опыта с растений бобов линяющие дейтонимфы клеща помещались на срезаемые листья бобов, размещенные на влажной вате в кювете. На этих листьях вышедшие молодые самки питались 3 дня, после чего они кисточкой помещались в чашки Петри на высечки из листьев разных ярусов изучаемых сортаобразцов огурца. Через сутки проводили учет численности самок на высечках и подсчет количества отложенных ими яиц. После этого все имаго с высечек были удалены, а через 4 дня на них проводился учет количества личинок вредителя, вышедших из яиц. Еще через 10 дней на высечках подсчитывалось количество молодых имаго. Поскольку яйца были отложены неоплодотворенными самками, все особи потомства были самцами. По количеству клещей, покинувших высечки (по элиминации особей), определялась предпочтительность фитофагом листьев разных ярусов для питания. Плодовитость самок на листьях оценивалась по количеству отложенных на высечки яиц. Доля яиц, из которых на 4-е сутки опыта вышли личинки, является косвенным показателем продолжительности эмбрионального развития вредителя. По доле яиц, из которых сформировались в конце опыта имаго, определялась выживаемость клеща.

Поскольку предпочтительность высечек могла зависеть от физиологического состояния фитофага, определяемого пищевой ценностью кормового растения, на котором ранее развивалась популяция клеща, оценка предпочтительности листьев вредителем и его плодовитости проводилась одновременно еще в одном варианте эксперимента. В этом варианте линяющие дейтоним-

фы вредителя с растений бобов помещались на срезанный лист огурца (Мальвина F1, лист среднего яруса), помещенный на влажную вату в кювету. На этом листе вышедшие молодые самки также питались 3 дня, после чего они кисточкой помещались в чашки Петри на высечки из листьев разных ярусов изучаемых сортов образцов огурца. Через 2-е суток в чашках Петри учитывалось количество самок клеща и определялась доля особей, покинувших высечки. Эти особи, как и в 1-ом варианте, погибали в воде. На высечках, независимо от наличия или отсутствия на них самок, подсчитывалось количество отложенных яиц. Затем определялось среднее количество яиц на 1 высечку и среднее их количество на 1 самку на тех высечках, где самки присутствовали. После учета яйца с высечек были удалены с помощью кисточки. Аналогичные учеты были проведены так же на 3-и и 4-е сутки опыта. Численность яиц на высечке – показатель плодовитости исходного количества самок клеща в чашке Петри, которых можно условно назвать локальной популяцией вредителя. Данный

Результаты и обсуждение.

С ярусным местоположением листа на побеге связано определенное его возрастное состояние. Каждый лист в процессе морфогенеза растения проходит основные этапы собственного органогенеза, на которых характер морфогенетических процессов подвергается количественным и

показатель представляется важным, поскольку в период времени между учетами неизвестно, когда особи клеща покинули высечки, и от этого могло зависеть количество яиц на высечках.

Показатели предпочтительности вредителем высечек для питания, плодовитости самок, продолжительности эмбрионального развития фитофага и выживаемости ювенильных особей являются критериями антиксенотического и антибиотического влияния тканей листа на клеща.

В течение эксперимента, проводимого при 23 – 26°C, чашки Петри были защищены от прямого света и по мере необходимости в них подливалась вода. Статистическая обработка данных проводилась по общепринятым методикам с использованием компьютерных программ: STAT (разработана в ВИЗР) и Statistica 6.0. При корреляционном анализе выполнялись предварительные линеаризующие преобразования переменных, исходно связанных нелинейно [Sergeev e. a., 2014].

качественным изменениям. Чем ближе расположен лист к точке роста побега, тем он онтогенетически моложе.

Анализ заселенности вегетирующих растений паутиным клещом показал, что на неустойчивом гибриде Грибовчанка численность вредителя была в 4 раза выше в сравнении с Вр. к-2732 (табл. 1).

Таблица 1. Заселение паутиным клещом листьев разных ярусов вегетирующих растений сортов образцов огурца, различающихся по устойчивости к вредителю

Ярус листа на главном побеге	Количество самок клеща на листе, экз. (среднее ± ст. ошибка)		Доля особей на листе от их суммы на модельных листьях, % (среднее ± ст. ошибка)	
	Грибовчанка F1	Вр. к-2732	Грибовчанка F1	Вр. к-2732
2	10.8 ± 1.5	1.4 ± 0.4*	2.4 ± 0.5	1.2 ± 0.4*
6	39.4 ± 6.2	7.4 ± 4.5*	8.5 ± 1.6	5.8 ± 1.4
10	68.8 ± 21.5	23 ± 14.6*	14 ± 4.2	17.1 ± 5.3
14	98.4 ± 26.8	23.6 ± 14.4*	19.2 ± 2.6	17 ± 9.5
18	151.2 ± 15.6	18 ± 8.5*	31.6 ± 2	21.3 ± 11
22	118.8 ± 23	48.2 ± 25.3*	24.6 ± 4.1	37.6 ± 6.9*
Сумма особей на листьях данных ярусов	488.6 ± 61.6	121.2 ± 49.2*	–	–

Примечание: * – средние значения интервала ошибки, которые не перекрываются с интервалом ошибки соответствующей средней в предыдущем столбце.

На обоих сортах образцах более 50% самок клеща обитало на верхних листьях (18 и 22 ярус). Двухфакторный дисперсионный анализ полученных данных показал, что на количество особей фитофага на листовых пластинках влияют как генотипические свойства огурца ($F = 45.52$; $p \leq 0.01$), так и местоположение листа на побеге ($F = 7.76$; $p \leq 0.01$). Совместное влияние данных факторов на заселенность листьев клещом также высоко достоверно ($F = 3.52$; $p \leq 0.01$). На всех листьях количество фитофага на неустойчивом сортообразце огурца было выше, чем на устойчивом. Однако, на Вр. к-2732, в сравнении с Грибовчанкой, доля особей вредителя от их суммы на модельных ярусах на листе 2-го яруса достоверно ниже, а на листе 22 яруса – выше. Следует отметить, что высокая численность клеща на верхних ярусах листьев сформировалась не только (скорее даже – не столько) за счет особей, преимагинальное развитие которых происходило на этих листовых пластинках. Значительная доля в этой численности может принадлежать мигрантам с нижних листьев, поскольку для недиапазирующих особей клеща характерен отрицательный геотаксис [Foott, 1965]. Известно, что расселение наряду с рождаемостью и смертностью определяет характер роста численности и плотности особей, является одной из важнейших функций популяции. Показано, что

на огурце расселительная активность паутинового клеща зависит от генотипических свойств растения, обуславливающих темпы роста численности и плотности популяции вредителя [Раздобурдин, 2006].

Предположительно, относительно высокая заселенность листа 22 яруса на устойчивом сортообразце в сравнении с неустойчивым обуславливается антиксенотическими свойствами листьев нижерасположенных ярусов, ускоряющими расселение особей вредителя вверх по побегу. Очевидно, такие свойства более характерны для огурца Вр. к-2732. Это подтверждается результатами лабораторных исследований, выполненных на высечках из листьев модельных ярусов (табл. 2 – 3). Показано, что на обоих сортах образцов огурца количество клещей, стремящихся сменить кормовой субстрат, на высечках из листьев нижних ярусов в сравнении с верхними в целом выше. На Вр. к-2732 эта тенденция выражена сильнее, чем на Грибовчанке.

Данные табл. 2 и 3 характеризуют различия в элиминации самок клеща на высечках и в их суточной плодовитости по вариантам опыта, включая вид кормового растения (бобы или огурец), на листьях которых происходило предварительное питание молодых имаго вредителя. Вышедшие из дейтонимф клещи питались на этих листьях 3

Таблица 2. Пищевое поведение и развитие паутинного клеща на высечках из листьев разных (предварительное питание самок фитофага - на листьях бобов)

Ярус листа на побеге	Грибовчанка F1	Вр. к-2732
	Элиминация клещей на высечках через 1 сутки, %	
2	0	33.3 ± 13.6*
6	0	41.7 ± 14.2*
10	0	16.7 ± 10.8*
14	8.3 ± 8.3	16.7 ± 10.8
18	0	8.3 ± 8.3
22	0	0
Среднее	1.4 ± 1.4	19.4 ± 4.7*
	Кол-во яиц на высечке, экз.	
2	4.5 ± 0.4	2.3 ± 0.6*
6	7.7 ± 0.3	2.9 ± 0.9*
10	8 ± 0.4	5.4 ± 0.8*
14	8.8 ± 0.5	5.4 ± 0.9*
18	8.8 ± 0.4	7.8 ± 0.8
22	7.7 ± 0.2	8.1 ± 0.3
Среднее	7.6 ± 0.2	5.3 ± 0.4*
	Кол-во яиц, отложенных самкой за 1 сутки, экз.	
2	4.5 ± 0.4	3 ± 0.5*
6	7.7 ± 0.3	4.6 ± 0.8*
10	8 ± 0.4	6 ± 0.4*
14	8.9 ± 0.6	6 ± 0.8*
18	8.8 ± 0.4	8.3 ± 0.3
22	7.7 ± 0.2	8.1 ± 0.3
Среднее	7.6 ± 0.2	6.1 ± 0.3*
	Выход личинок из яиц на 4-е сутки опыта, %	
2	73.2 ± 4.1	87.7 ± 6.2*
6	93.6 ± 2.8	92.7 ± 3.5
10	89 ± 5.6	92.6 ± 3.3
14	87.7 ± 6.2	83.8 ± 9.6
18	92.8 ± 2.3	96.7 ± 1.8
22	98.9 ± 1.1	91 ± 5.6*
Среднее	89.5 ± 1.8	90.7 ± 2.3
	Выживаемость неполовозрелых особей, %	
2	36.7 ± 6.9	3.5 ± 3.5*
6	62.6 ± 7	31.4 ± 7.8*
10	74.6 ± 7	27.7 ± 5.6*
14	73.2 ± 8.1	13.8 ± 4.3*
18	77.8 ± 5.4	9.6 ± 3*
22	88.5 ± 3.8	20.6 ± 4.1*
Среднее	68.4 ± 3.4	18.1 ± 2.7*

Примечание: * - средние значения интервала ошибки, которые не перекрываются с интервалом ошибки соответствующей средней в предыдущем столбце.

суток (10–15% от продолжительности жизни имаго самки в 20–30 дней), что, по-видимому, повлияло на их пищевое поведение в дальнейшем.

Известно, что поведенческая адаптация животных характеризуется с одной стороны относительным постоянством, с другой – изменчивостью в пределах видовой детерминированности поведения [Мантейфель, 1980]. Физиологическое состояние животного определяет его мотивацию и влияет на поведение [Анохин, 1968]. Для поведения членистоногих характерна стереотипность ответных реакций на действие факторов внешней среды в зависимости от получаемых стимулов, однако определенная пластичность поведения под влиянием предшествующего индивидуального опыта (обучение) также может достигать значительного уровня [Детьер, Стеллар, 1967]. Среди насекомых широко распространено влияние обучения на стадии имаго на поведение при питании и откладке яиц, обеспечивающего их приспособление к конкретным условиям окружающей среды. Это позволяет сокращать затраты времени и энергии членистоногих на поиск пищи или субстрата для яйцекладки. При этом адаптивная ценность

способности к обучению зависит от широты генетически детерминированной пищевой специализации насекомого [Резник, 1993]. На примере вредной черепашки (олигофаг) на пшенице показано, что на фоне видового стереотипа пищевого поведения вредителя в пределах сорта растений, их органов и тканей разнокачественное питание вызывает существенные отклонения в поисковой деятельности фитофага, продолжительности акта питания и отдельных звеньев этого процесса [Вилкова, 1979]. Известно также, что одной из универсальных форм приспособления организмов к пище является эволюционно сложившаяся адаптивная диссоциация ферментов [Уголев, 1961]. Пищеварительными железами продуцируются именно те ферменты, которые обеспечивают расщепление основной массы необходимых типичных для данного биотрофа пищевых продуктов, что отражает направление его пищевой специализации. Ферментные приспособления, выступающие как первичные регулирующие системы организма, и регуляцию уровня функциональной напряженности пищеварительных желез относят к наиболее существенным выражениям онтогенетических адаптаций фитофагов [Вилкова, Шапиро, 1973; Вилкова, 1979]. В отношении паутинного клеща известно, что его предпочтение одних и тех же сортов огурца может в определенной степени изменяться в зависимости от физиологического состояния вредителя, обусловленного, в частности, пищевой ценностью кормовых растений, на которых он развивался в течение нескольких поколений [Раздобурдин, 1985].

В опыте после предварительного питания клещей на листьях бобов элиминация особей с высечек, явно дифференцированная по ярусам листьев, уже через сутки была очевидна на Вр. к-2732, но практически отсутствовала на Грибовчанке (табл.2). Показано влияние генотипических свойств огурца и морфофизиологического состояния листа, связанного с местоположением метамера на побеге, на суточную плодовитость самок и выживаемость преимагинальных особей (табл. 2, 4).

На устойчивом сортообразце в сравнении с неустойчивым плодовитость самок, выживаемость личинок и нимф в целом были ниже. На обоих сортообразцах плодовитость клеща на листьях нижних ярусов ниже, чем на верхних, при этом по количеству яиц вредителя на 18 и 22-ом ярусах генотипы огурца фактически не различаются. На Грибовчанке выживаемость ювенильных особей клеща увеличивается от нижних ярусов листьев к верхним, на Вр.к-2732 такая тенденция не очевидна. По продолжительности эмбрионального развития фитофага сортообразцы огурца в целом не различаются. Однако результаты двухфакторного дисперсионного анализа данных показывают, что продолжительность развития яиц вредителя на листьях разных ярусов может отличаться (табл. 4).

Интересно, что на листе 2-го яруса доля яиц, из которых вышли личинки, на устойчивом сортообразце была достоверно больше, а на листе 22-го яруса – меньше. Низкая выживаемость клеща на Вр. к-2732 предположительно связана с высоким содержанием в листьях кукурбитацинов. Смертность вредителя была максимальной в период линьки личинок в нимфу. Поскольку выживаемость фитофага на этом сортообразце не коррелирует с ярусностью листьев, можно предположить, что либо концентрация кукурбитацинов не связана с возрастным состоянием ме-

Таблица 3. Пищевое поведение и плодовитость самок паутиного клеща на высечках из листьев разных ярусов двух сортообразцов огурца (предварительное питание самок фитофага – на листе огурца Мальвина F1)

Ярус листа на побеге	Грибовчанка F1		Вр.к - 2732		Грибовчанка F1		Вр.к - 2732	
	Через 2 суток		Через 3 суток		Через 4 суток		Через 4 суток	
Элиминация клещей на высечках, %								
2	16.7 ± 11.2	25 ± 13.1	33.3 ± 14.2	50 ± 15.1	50 ± 15.1	83.3 ± 11.2*		
6	0	8.3 ± 8.3	0	25 ± 13.1*	25 ± 13.1	66.7 ± 14.2*		
10	0	8.3 ± 8.3	8.3 ± 8.3	8.3 ± 8.3	16.7 ± 11.2	25 ± 13.1		
14	0	0	0	0	0	16.7 ± 11.2*		
18	0	0	8.3 ± 8.3	0	8.3 ± 8.3	18.2 ± 12.2		
22	0	0	0	0	0	0		
Среднее	2.8 ± 2	7 ± 3.1	8.3 ± 3.3	14.1 ± 4.2	16.7 ± 4.4	35.2 ± 5.7*		
Кол-во яиц клеща на высечке, экз.								
2	4 ± 0.7	4.7 ± 0.7	1.2 ± 0.3	2.1 ± 0.6*	1.4 ± 0.5	2.1 ± 0.7		
6	6.6 ± 0.4	6.5 ± 0.7	3.8 ± 0.3	3.1 ± 0.6	5.7 ± 0.4	4.2 ± 0.9*		
10	7.7 ± 0.3	7.4 ± 0.8	4.4 ± 0.4	3.3 ± 0.4*	8 ± 0.9	6.1 ± 0.7*		
14	7.7 ± 0.2	7.8 ± 0.3	4.3 ± 0.4	3.3 ± 0.3*	8.9 ± 0.5	6.3 ± 0.7*		
18	7.5 ± 0.3	7.6 ± 0.4	4.3 ± 0.5	4.5 ± 0.3	8.3 ± 1	7.8 ± 0.8		
22	7.2 ± 0.3	7.3 ± 0.3	4.8 ± 0.2	4.3 ± 0.4	9.2 ± 0.5	9.1 ± 0.5		
Среднее	6.8 ± 0.2	6.9 ± 0.3	3.8 ± 0.2	3.4 ± 0.2	6.9 ± 0.4	5.9 ± 0.4*		
Кол-во яиц, отложенных самкой за 1 сутки, экз.								
2	5.3 ± 0.3	5.8 ± 0.3	1.8 ± 0.2	3.6 ± 0.4*	1.8 ± 0.7	4.7 ± 1.3*		
6	6.6 ± 0.4	7.1 ± 0.4	3.8 ± 0.3	4.1 ± 0.5	5.9 ± 0.4	6.3 ± 1.1		
10	7.7 ± 0.3	8.1 ± 0.4	4.8 ± 0.2	3.5 ± 0.3*	8.5 ± 0.6	6.7 ± 0.7*		
14	7.7 ± 0.2	7.8 ± 0.3	4.3 ± 0.4	3.3 ± 0.3*	8.9 ± 0.5	6.5 ± 0.8*		
18	7.5 ± 0.3	7.6 ± 0.4	4.6 ± 0.4	4.5 ± 0.3	9.1 ± 0.7	8.9 ± 0.4		
22	7.2 ± 0.3	7.3 ± 0.3	4.8 ± 0.2	4.3 ± 0.4	9.2 ± 0.5	9.1 ± 0.5		
Среднее	7.1 ± 0.2	7.3 ± 0.2	4.2 ± 0.2	3.9 ± 0.1	7.8 ± 0.4	7.5 ± 0.3		

Примечание: * - средние значения интервала ошибки, которые не перекрываются с интервалом ошибки соответствующей средней в предыдущем столбце.

Таблица 4. Влияние генотипических свойств сортообразца огурца и морфофизиологического состояния листа на поведение и преимагинальное развитие паутиного клеща

Показатели поведения и развития фитофага	Значения критериев Фишера (F) и детерминация факторов, % (P)							
	Генотипические свойства огурца		Местоположение листа на побеге		Совместное влияние факторов		Неучтенные факторы	
	F	P	F	P	F	P	P	
Эксперимент с предварительным питанием самок клеща на листьях бобов								
Элиминация клещей с высечек	13.59***	75	1.75	10	1.88	10	5	
Кол-во яиц на высечке	41.93***	63	18.62***	28	4.65***	7	2	
Кол-во яиц на 1 самку	36.56***	58	22.35***	35	2.95**	5	2	
Продолжительность эмбрионального развития	0.25	5	2.62**	51	1.31	25	19	
Выживаемость преимагинальных особей	169.1***	86	6.9***	3	18.7***	10	1	
Эксперимент с предварительным питанием самок клеща на листьях огурца								
Элиминация клещей с высечек: - на 2-е сутки опыта	1.41	23	3.56***	57	0.28	4	16	
- на 3-и сутки опыта	1.35	13	7.29***	67	1.15	11	9	
- на 4-е сутки опыта	8.85***	39	11.42***	51	1.13	5	5	
Кол-во яиц на высечке: - на 2-е сутки опыта	0.15	1	13.83***	90	0.23	2	7	
- на 3-и сутки опыта	2.4	13	13.4***	78	1.96*	10	5	
- на 4-е сутки опыта	5.74**	16	28.31***	77	1.47	4	3	
Кол-во яиц на 1 самку: - на 2-е сутки опыта	2.23	15	11.62***	77	0.17	1	7	
- на 3-и сутки опыта	0.46	4	7.98***	55	4.95***	39	7	
- на 4-е сутки опыта	0.32	2	14.4***	77	2.96**	16	5	

Примечание: * - $p \leq 0.1$; ** - $p \leq 0.05$; *** - $p \leq 0.01$

тамера, либо их концентрация в листьях различна, но во всех метамерах превышает порог токсического действия на фитофага. На плодовитость клеща наличие в листьях кукурбитацинов, по-видимому, влияет значительно слабее.

Во 2-ом варианте опыта, где молодые самки вредителя предварительно питались на огурце, элиминация клещей на высечках происходила более медленно, чем в 1-ом варианте, заметно проявилась только на 3 - 4-е сутки и была так же более интенсивной на устойчивом сортообразце. При этом достоверные различия между сортообразцами огурца в количестве особей, покинувших высечки из листьев одних и тех же ярусов (в частности – 2, 6 и 14),

были очевидны только на 4-е сутки (табл. 3). В отличие от 1-го варианта, по плодовитости самок достоверных различий между сортообразцами в целом не выявлено. Однако влияние морфофизиологического состояния листа на количество откладываемых самкой яиц, обусловленного его ярусным местоположением на побеге, проявлялось на каждую дату учета (табл. 4). На обоих генотипах огурца очевидна тенденция повышения плодовитости вредителя от листьев нижнего яруса к верхним, наиболее отчетливая на 4-е сутки опыта. Различия между сортообразцами в плодовитости самок на листьях 2, 10 и 14-го ярусов выявлены на 3 - 4-е сутки эксперимента. При этом на Вр. к-2732 на листьях 10 и 14-го ярусов самки откладывали достоверно

меньше яиц, чем на Грибовчанке (как и в первом варианте опыта), а на листе 2-го яруса, напротив, достоверно больше.

Корреляции показателей избирательного поведения и развития паутиного клеща на листьях разных ярусов могут в определенной степени отражать связи факторов (или механизмов), определяющих антиксенотические и (или) антибиотические эффекты в жизнедеятельности вредителя. Оценка парных корреляций 6-ти наиболее характерных показателей поведения и развития паутиного клеща на листьях разных ярусов по каждому сортообразцу показала, что связь этих показателей зависит от генотипических свойств огурца (табл. 5).

В таблице 5 приведены только коэффициенты корреляции с числовыми значениями от 0.82 до 0.99, статистическая достоверность которых равна или больше 95%. Поскольку разность указанных значений коэффициентов не достоверна, в таблице коэффициенты приведены знаками «плюс» или «минус», в зависимости от направленности связи. В отличие от Грибовчанки, на Вр. к-2732 не выявлено достоверных корреляций продолжительности эмбрионального развития и выживаемости ювенильных особей вредителя ни с одним из рассматриваемых показателей, но плодовитость самок сильно связана с элиминацией осо-

бей. При этом последние показатели (плодовитость и элиминация) сильно коррелируют на обоих генотипах огурца во 2-ом варианте опыта, где клещи предварительно питались на огурце. На Грибовчанке, в отличие от Вр. к-2732, выживаемость неполовозрелых особей коррелирует с продолжительностью эмбрионального развития вредителя, а также с элиминацией особей и плодовитостью самок, зафиксированных во 2-ом варианте опыта.

Таким образом, на побеге огурца условия для питания и развития фитофага на листовых пластинках улучшаются от нижних ярусов листьев к верхним. Вследствие особенностей поведения паутиного клеща это создает предпосылки для вспышки роста численности вредителя на растении. Результаты проведенного эксперимента позволяют предполагать, что антиксенотические и антибиотические по отношению к клещу свойства метамеров, обуславливающие элиминацию клещей с высечек и плодовитость самок на Вр. к-2732, а на Грибовчанке – и выживаемость ювенильных особей, определяются действием либо одного фактора, либо разными, но сильно связанными между собой факторами. Очевидно, эти факторы могут быть обусловлены как морфо-анатомическими, так и физиологическими особенностями листьев, зависимыми от их возрастного состояния на побеге.

Таблица 5. Оценка парных корреляций показателей поведения и развития паутиного клеща на высечках из листьев разных ярусов огурца сортообразцов Вр. к-2732 и Грибовчанка F1.

Показатели поведения и развития вредителя		Грибовчанка F1					Вр. к-2732				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	1 вариант: - элиминация особей с высечек	X					X				
2	- кол-во яиц на 1 самку		X				-	X			
3	- продолжительность эмбрионального развития			X					X		
4	- выживаемость неполовозрелых особей			+	X					X	
5	2 вариант: - элиминация особей с высечек на 4-е сутки				-	X	+	-			X
6	- кол-во яиц на 1 самку на 4-е сутки				+	(-)	-	+			(-)

Примечание: + - связь положительная; - - связь отрицательная; (-) - связь, идентичная на обоих сортообразцах.

Публикация подготовлена по результатам исследований в рамках проекта № 665-2014-0010 Государственного задания ФГБНУ ВИЗР на 2015-2017 гг. по Программе фундаментальных научных исследований государственных академий.

Plant Protection News, 2015, 3(85), p. 15 – 21

FEATURES OF FOOD SPECIALIZATION OF *TETRANYCHUS URTICAE*: THE INFLUENCE OF MORPHOPHYSIOLOGICAL CONDITION OF CUCUMBER LEAVES OF DIFFERENT CIRCLES ON THE BEHAVIOUR AND DEVELOPMENT OF PHYTOPHAGE

V.A. Razdoburdin, G.E. Sergeev

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

The distribution of *Tetranychus urticae* K. on the greenhouse vegetating cucumber plants of the two varieties was studied on different circles of the plants. The varieties Gribovchanka F1 (Russia) and BP k-2732 (Bangladesh, from the VIR World collection) were tested. It was shown that the phytophage development was defined by the genotypic properties of plants, but the pest prevailed on leaves of the top circles independent of the mite number on the varieties. In vitro experiments with use of leaf cutting method established that the morphophysiological features of metamers of different circles and age influenced behavior and development of the pest. This influence could depend on the genotypic properties of cucumber. The pest voracity and fertility of females increased from the lower leaf circles to the top on both cucumber varieties, and survival of juvenile individuals of phytophage increased on Gribovchanka. Unlike Gribovchanka, BP k-2732 plants containing cucurbitacin did not reveal correlation between the survival of juvenile individuals and morphophysiological features of leaves. That compound of secondary metabolism could define the high mortality of mite larvae, but weakly influenced the pest fertility. The conditions for the phytophage feeding and development improving from the lower leaf circles towards the top together with features of the mite behavior create prerequisites for the quick growth of its populations on plants.

Keywords: cucumber; resistance; mite; *Tetranychus urticae*; ontogenesis; food specialization; pest.

Библиографический список (References)

- Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. М.: Медицина, 1968. 547 с.
- Вилкова Н.А., Шапиро И.Д. Пищевая ценность сортов и ее значение в устойчивости растений к вредителям // Труды ВИЗР, 1973. вып. 37. С. 30–40.
- Вилкова Н.А. Иммуитет растений к вредителям и его связь с пищевой специализацией насекомых-фитофагов // Чтения памяти Н.А.Холодковского. Л.: Наука, 1979. т. 31б, С. 68–103.
- Детьер В., Стеллар Э. Поведение животных. Л.: Наука, 1967. 138 с.
- Мантейфель Б.П. Экология поведения животных. М., Наука, 1980, 219 с.
- Раздобурдин В.А. Специфика проявления устойчивости огурцов к паутинному клещу: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л.: 1984. 21 с.
- Раздобурдин В.А. Поведение паутинного клеща в связи с питанием на различных сортах огурца // Устойчивость с.-х. растений к вредителям и проблемы защиты растений. Сб. науч. тр., Л.: ВИЗР, 1985. С. 95–101.
- Раздобурдин В.А. Влияние плотности паутинного клеща *Tetranychus urticae* Koch (Acarina, Tetranychidae) на динамику его численности на различных генотипах огурца // Энтомол. обзор., 2006. т. 85, вып. 2. С. 337–350.
- Резник С.Я. Обучение в пищевой избирательности насекомых. В кн.: Пищевая специализация насекомых. СПб., Гидрометеоздат. 1993. С. 5–72.
- Слепян Э.И. Патологические новообразования и их возбудители у растений. Л.: Наука. 1973. 512 с.
- Уголев А.М. Пищеварение и его приспособительная эволюция. М.: Высшая школа, 1961. 304 с.
- Шапиро И.Д. Иммуитет полевых культур к насекомым и клещам. Л.: Наука, 1985. 321 с.
- Foott W.H. Geotactic responses of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acarina; Tetranychidae) // Proc. Entomol. Soc. Ont., 1965, Vol. 95, pp. 106–108.
- Sergeev G.E., Serapionov D.A., Frolov A.N. Iterative linearization and correlation optimization approaches in simulation of insect population dynamics. In “Mathematical Modeling in Plant Protection”, Saint-Petersburg, 2014, pp 17–21. Edition of Federal Agency for Scientific Organizations (All-Russian Research Institute of Plant Protection; Agrophysical Research Institute; Saint Petersburg State University).

Translation of Russian References

- Anokhin P.K. Biology and neurophysiology of conditioned reflex. Moscow: Meditsina, 1968. 547 p. (In Russian).
- Vilkova N.A., Shapiro I.D. Nutrition value of grades and its value in plant resistance to pests. Trudy VIZR, Leningrad. 1973. N 37. P. 30–40. (In Russian).
- Vilkova N.A. Plant immunity to pests and its relation with food specialization of insect phytophages. In: Chteniya pamyati N.A. Kholodkovskogo. Leningrad: Nauka, 1979. V. 31b, P. 68–103. (In Russian).
- Dethier V., Stellar E. Animal behavior. Leningrad: Nauka, 1967. 138 p. (In Russian).
- Manteufel B.P. Ecology of animal behavior. Moscow, Nauka, 1980, 219 p. (In Russian).
- Razdoburdin V.A. Specifics of cucumber resistance manifestation to web mite. PhD Thesis. Leningrad: 1984. 21 p. (In Russian).
- Razdoburdin V.A. Behavior of web mite in relation to feeding on different cucumber grades. In: Ustoichivost' s.-kh. rastenii k vreditelyam i problemy zashchity rastenii. Sb. nauch. tr., Leningrad: VIZR, 1985. P. 95–101. (In Russian).
- Razdoburdin V.A. Influence of *Tetranychus urticae* Koch density (Acarina, Tetranychidae) on its population dynamics on different cucumber genotypes. Entomologicheskoe obozrenie, 2006. V. 85, N. 2. P. 337–350. (In Russian).
- Reznik S.Ya. Training in food selectivity of insects. In: Pishchevaya spetsializatsiya nasekomykh. St Petersburg, Gidrometeoizdat. 1993. P. 5–72. (In Russian).
- Slepian E.I. Pathological neoplasms and their activators at plants. Leningrad: Nauka. 1973. 512 p. (In Russian).
- Ugolev A.M. Digestion and its adaptive evolution. Moscow: Vysshaya shkola, 1961. 304 p. (In Russian).
- Shapiro I.D. Immunity of field cultures to insects and mites. Leningrad: Nauka, 1985. 321 p. (In Russian).

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург – Пушкин, Российская Федерация
 *Раздобурдин Виктор Алексеевич. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: vrazdoburdin@mail.ru
 Сергеев Глеб Евгеньевич. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: sergeev-gleb-marina@yandex.ru

* Ответственный за переписку

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg – Pushkin, Russian Federation
 *Razdoburdin Viktor Alekseevich. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: vrazdoburdin@mail.ru
 Sergeev Gleb Evgenievich. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: sergeev-gleb-marina@yandex.ru

* Responsible for correspondence

УДК 635.21: 632.3 /. 4 + 632.938.1

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ИНДУКТОРОВ БОЛЕЗНЕУСТОЙЧИВОСТИ В СИСТЕМЕ ОЗДОРОВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ БОЛЕЗНЕЙ В ОРИГИНАЛЬНОМ СЕМЕНОВОДСТВЕ

Н.А. Павлова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Индукторы болезнеустойчивости - хитозан, салициловая, арахидоновая кислоты, применяемые путем предпосадочной обработки миниклубней и двукратного опрыскивания вегетирующих растений, повышают устойчивость сорта Елизавета к заражению вирусом Y, альтернариозу вегетирующих растений, черной парше (ризоктониозу) на клубнях нового урожая. Предпосадочная обработка миниклубней и последующее двукратное опрыскивание вегетирующих растений картофеля сорта Елизавета хитозаном, салициловой и арахидоновой кислотами защищает растения от первичной инфекции вируса

У с биологической эффективностью 100%, 95% и 73.3%, соответственно, при распространенности болезни в контроле 24%. Эффективность предпосадочной обработки миниклубней и двукратного опрыскивания растений хитозаном, салициловой и арахидоновой кислотами составляла: против альтернариоза на вегетирующих растениях – 85%, 90%, 80%, черной парши (ризоктониоза) на клубнях нового урожая – 90%, 93%, 97%, соответственно, при развитии болезни в контроле 20.5 и 12%. Наибольшую эффективность в защите растений картофеля первого полевого поколения и суперсуперэлиты от вируса Y в период вегетации проявляет композиция на основе хитозана и салициловой кислоты в виде 0.1% водного раствора с 0.1% концентрациями каждого соединения. Совместное применение хитозана и салициловой кислоты с расходом рабочей жидкости 200 л/га снижает распространенность вируса Y на 96.7% при однократной и на 100% при 2- и 3-кратной обработках с интервалом 10 суток при распространенности в контроле 26.7%. Биологическая эффективность лечебного действия хитозана против вторичной, клубневой инфекции при обработке клубней и опрыскивании растений сорта Елизавета 0.1%-ным раствором хитозана повышается с увеличением числа обработок: с 23.1% при одной до 40.8% при 3-кратной обработке.

Ключевые слова: защита картофеля от вирусов, миниклубни, индукторы болезнестойчивости, хитозан, салициловая кислота, арахидоновая кислота, биологическая эффективность.

В классической схеме оригинальное семеноводство включает получение клубней супер – суперэлиты из оздоровленных растений картофеля первого полевого поколения, в дальнейшем эти клубни размножаются по технологии элитного сертифицируемого семеноводства [Анисимов, 2004; Схиппер, 2009]. Учитывая, что почвенные поколения клубней в оригинальном семеноводстве происходят от оздоровленных безвирусных растений, представляется перспективным именно на этом этапе, когда устойчивость растений не подавлена патогенами, применение препаратов, её повышающих [Атабеков, 1988; Анисимов, 1999; Зыкин, 2001; Zamalieva et al., 2008]. Среди противовирусных соединений наиболее перспективными для практического применения могут быть индукторы болезнестойчивости растений [Тютюрев, 2002; Чирков, 2002; Куликов и др., 2006]. Они относятся к числу наиболее экологичных химических средств защиты непрямого (небиоцидного) действия, оказывающих влияние на возбудителей болезней через усиление в растениях природных реакций болезнестойчивости, защищая их на длительное время от возможного заражения вирусами и другими патогенами, в том числе при размножении микрорастений и получении из них миниклубней. Такие препараты обладают профилактическим действием, то есть предотвращают проникновение вируса в клетки и его распространение по растению, а также лечебным (способностью уничтожить вирус, попавший в растения) [Тютюрев, 2002; Куликов и др., 2006]. Анализ литературы по данной проблеме по-

зволил предположить, что хитозан, салициловая, арахидоновая кислоты могут проявлять наряду с повышением устойчивости лечебное действие, направленное на размножение вирусов в растениях, поэтому мы выбрали эти соединения как наиболее перспективные для применения в оригинальном семеноводстве картофеля [Pospieszny et al., 1991; Чирков, 2002]. К началу нашей работы в литературе практически отсутствовали сведения об эффективности этих соединений против вируса Y картофеля, в том числе способах их применения и эффективных концентрациях на стадии размножения оздоровленных микрорастений, поэтому необходимо определение действия хитозана, салициловой, арахидоновой кислот на развитие грибных болезней, возбудители которых входят в комплекс почвенно-клубневой инфекции, в том числе черной (ризоктониозной) парши и альтернариоза [Тютюрев, 2002, 2010].

Цель нашей работы – оценка биологической эффективности хитозана, салициловой, арахидоновой кислот в системе оздоровления и защиты картофеля от вируса Y в оригинальном семеноводстве. В соответствии с поставленной целью решались такие задачи, как выявление биологической эффективности исследуемых соединений в защите миниклубней от вируса Y, возможного побочного действия хитозана, салициловой, арахидоновой кислот на развитие и распространение черной (ризоктониозной) парши и альтернариоза, а также эффективности препаратов на основе хитозана и салициловой кислоты против вируса Y в полевых условиях.

Материалы и методы

Исследования проводили на картофеле сортов Невский и Елизавета, в качестве противовирусных соединений использовали хитозан (низкомолекулярный фитоактивный), салициловую, арахидоновую кислоты для предпосадочной обработки клубней и опрыскивания вегетирующих растений. В работе использовали миниклубни, хранившиеся 7 месяцев при +3°C, перед посадкой их обрабатывали хитозаном, салициловой и арахидоновой кислотами с расходом из расчета 0.2 г в 10 мл воды/кг клубней и высаживали в поле, каждый вариант отдельно в трех повторностях, из расчета 10 штук/м². В период вегетации растения опрыскивали 0.1%-ми растворами исследуемых соединений дважды с интервалом в 10 суток (первое опрыскивание перед смыканием рядков). На растениях в период вегетации и на клубнях нового урожая учитывали поражение растений грибными болезнями стандартными методами [Попкова и др., 1986].

Мелкоделяночные полевые опыты проводили на опытном поле ВИЗР в 2009–2013 гг. Растения картофеля сорта Елизавета выращивали из здоровых или зараженных вирусом клубней. Проращиваемые на свету клубни перед посадкой обрабатывали

0.1% раствором салициловой кислоты в 0.1% растворе хитозана с расходом рабочей жидкости из расчета 10 л/т. В период вегетации растения опрыскивали через 15, 25 и 35 суток после посадки одно-, двух- или трехкратно 0.1% водными растворами хитозана и 0.01% или 0.1% растворами салициловой кислоты по отдельности или в смеси, в контроле - водой. Первое опрыскивание перед смыканием рядков. Опыт проводили в 3-х повторностях, в каждой по 30 растений. Содержание вируса Y в растениях определяли индивидуально в случайной выборке из 10 растений каждой повторности каждого варианта опыта через 10 суток после последней обработки методом твердофазного иммуноферментного анализа (ИФА).

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с помощью компьютерной программы Statistica 6.0 методом одно- и двухфакторного дисперсионного анализа (Доспехов, 1979). Вычисляли среднее значение каждого показателя, ошибку среднего и достоверность различий между средними определяли по t критерию Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

Результаты оценки биологической эффективности предпосадочной обработки миниклубней и последующего двукратного опрыскивания вегетирующих растений хитозаном, салициловой и арахидоновой кислотами представ-

лены в таблице 1.

Таблица 1. Действие предпосадочной обработки миниклубней и двукратного опрыскивания растений картофеля сорта Елизавета хитозаном, салициловой и арахидоновой кислотами против первичной инфекции вируса Y (опытное поле ВИЗР, естественный инфекционный фон)

Вариант опыта*	Норма расхода препарата	Число растений с вирусом Y, %	Биологическая эффективность, %
Контроль, без обработки	–	24.0 ± 0.4	–
Хитозан	0.2 г/кг + 0.2 г/10 м ² + 0.2 г/10 м ²	0	100
Салициловая кислота	0.2 г/кг + 0.2 г/10 м ² + 0.2 г/10 м ²	1.2 ± 0.02	95.0
Арахидоновая кислота	0.05 г/кг + 0.05 г/10 м ² + 0.05 г/10 м ²	6.4 ± 0.2	73.3

*Расход рабочей жидкости из расчета 10 л/т при обработке клубней и 200 л/га при опрыскивании растений.

Представленные в таблице 1 результаты свидетельствуют о том, что хитозан, салициловая, арахидоновая кислоты снижают содержание и защищают растения от первичной инфекции вирусом Y с биологической эффективностью 100%, 95% и 73,3%, соответственно, при распространении болезни в контроле 24 %.

При обработке миниклубней против вируса Y хитозан, салициловая, арахидоновая кислоты оказывали также действие на грибную клубневую инфекцию (ризоктониоз), а при опрыскивании растений – на раннюю сухую пятнистость листьев – альтернариоз, поэтому мы исследовали их действие на распространенность и развитие этих грибных болезней на растениях первого полевого поколения, выращенных из миниклубней.

Возбудители альтернариоза (*Alternaria solani* Fries. Keissler, *A.tenuis*) относятся к почвенным грибам. Вторичная инфекция передается воздушно-капельным путем. Мы проводили учет распространенности и развития альтернариоза перед и через 10 суток после обработки вегетирующих растений исследуемыми препаратами и ризоктониоза (*Rhizoctonia solani* Kühn) на клубнях нового урожая.

Согласно результатам полевых опытов (таблицы 2,3) предпосадочная обработка миниклубней и двукратное опрыскивание растений хитозаном, салициловой и арахидоновой кислотами снижали распространенность альтернариоза на вегетирующих растениях на 85%, 90%, 80%, ризоктониоза на клубнях нового урожая на 90%, 93%, 97%, соответственно, при развитии болезни в контроле 20.5% и 12.0%

Предпосадочная обработка миниклубней и двукратное опрыскивание растений хитозаном, салициловой и арахидоновой кислотами против альтернариоза на вегетирующих растениях и ризоктониоза на клубнях нового урожая способствует снижению развития и распространения данных грибных заболеваний.

Эффективность профилактического и лечебного действия хитозана и салициловой кислоты оценивали при опрыскивании ими растений картофеля сорта Елизавета. В опыте по выявлению профилактического действия хитозана и салициловой кислоты против первичной инфекции вируса Y на естественном инфекционном фоне условия для развития вирусной инфекции на опытном поле ВИЗР были весьма благоприятными вследствие раннего появления персиковой и других видов тлей – переносчиков вируса Y на посадках картофеля. Об этом свидетельствует также высокий инфекционный фон – 26,7% инфицированных вирусом Y растений в контроле (табл.4).

Таблица 2. Действие предпосадочной обработки миниклубней и двукратного опрыскивания растений сорта Елизавета хитозаном, салициловой и арахидоновой кислотами против альтернариоза на вегетирующих растениях

Вариант опыта*	Альтернариоз (<i>A. solani</i> , <i>A.tenuis</i>)		
	Развитие, %	Распространенность, %	Биологическая эффективность, %
Контроль, обработка водой **	20.5± 0.50	97.8±0.28	-
Хитозан	3.08 ± 0.04	85.2±0.56	85
Салициловая кислота	2.05± 0.03	83.9±0.48	90
Арахидоновая кислота	4.18± 0,20	95±0.63	80

* миниклубни обрабатывали перед посадкой водой (контроль), салициловой, арахидоновой кислотой и хитозаном с расходом 0.2 г в 10 мл/кг клубней и двукратно опрыскивали в период вегетации 0.1% растворами этих соединений;

** в качестве контроля использовали клубни первого полевого поколения растений картофеля сорта Елизавета, полученные из миниклубней без их предпосадочной обработки и двукратного опрыскивания растений картофеля сорта Елизавета хитозаном, салициловой и арахидоновой кислотами и полученные при выращивании из них вегетирующие растения картофеля.

Таблица 3. Действие предпосадочной обработки миниклубней и двукратного опрыскивания растений картофеля сорта Елизавета хитозаном, салициловой и арахидоновой кислотами против ризоктониоза на клубнях нового урожая

Вариант опыта*	Ризоктониоз		
	Развитие, %	Распространенность, %	Биологическая эффективность, %
Контроль **	12.0± 0.4	55±0.63	-
Хитозан	1.2± 0.03	35±0.49	90
Салициловая кислота	0.84± 0.02	25±0.19	93
Арахидоновая кислота	0.36± 0.2	15±0.04	97

* миниклубни обрабатывали перед посадкой водой (контроль), салициловой, арахидоновой кислотой и хитозаном с расходом 0,2 г в 10 мл/кг клубней и двукратно опрыскивали в период вегетации 0,1% растворами этих соединений;

** в качестве контроля использовали клубни первого полевого поколения растений картофеля сорта Елизавета, полученные из миниклубней без их предпосадочной обработки и двукратного опрыскивания растений картофеля сорта Елизавета хитозаном, салициловой и арахидоновой кислотами и полученные при выращивании из них вегетирующие растения картофеля.

Таблица 4. Эффективность профилактического действия хитозана и салициловой кислоты против первичной инфекции вируса Y при раздельном и совместном применении на растениях картофеля сорта Елизавета (мелкоделяночный полевой опыт)*

Вариант опыта*	Зараженность вирусом Y через 45 суток роста при кратности опрыскиваний, %			Биологическая эффективность при 3-кратном опрыскивании, %
	1	2	3	
Контроль, опрыскивание водой	26.7	23.3	26,7	–
Хитозан, 0.1%	8.2**	6.7**	4.0**	85.0
Салициловая кислота, 0.01%	13.3	9.6**	6.7**	74.9
Салициловая кислота, 0.1%	4.2	1.1**	3.3**	87.6
Хитозан, 0.1% + салициловая кислота, 0.01%	6.7**	6.7**	3.3**	87.6
Хитозан, 0.1% + салициловая кислота, 0.1%	3.3**	0**	0**	100.0

* естественный инфекционный фон; ** статистически достоверно отличается от контроля ($P < 0,05$).

Через 45 суток после посадки в контрольном варианте (опрыскивание водой) 26.7% растений было заражено вирусом Y. Трехкратное опрыскивание растений 0.1% раствором хитозана, 0.01% или 0.1% раствором салициловой кислоты снижало число зараженных растений до 4.0%, 6.7% и 3.3% соответственно. Эффективность совместного применения 0.1% хитозана и 0.1% салициловой кислоты против первичной инфекции вируса Y составляла 96.7%

при однократной и 100% – при 2- и 3- кратной обработках (табл. 4).

Данные таблицы 5 свидетельствуют, что лечебное действие хитозана и салициловой кислоты невысокое, 40–63.5%. Оно усиливалось с увеличением числа обработок вегетирующих растений. При разовом опрыскивании число растений без вируса Y составляло 23.1%, при 2-кратном – 37.9%, при 3-кратном – 40.8%.

Таблица 5. Биологическая эффективность лечебного действия хитозана и салициловой кислоты против вируса Y при раздельном и совместном применении на растениях картофеля сорта Елизавета, выращенных из зараженных вирусом Y клубней (мелкоделяночный полевой опыт)*

Вариант опыта	Зараженность вирусом Y через 45 дней роста при кратности опрыскиваний, %			Биологическая эффективность при 3-кратном опрыскивании, %
	1	2	3	
Контроль, обработка водой **	100	100	100	–
Хитозан, 0.1%	76.9	62.1	59.2	40.8
Салициловая кислота, 0.01%	80.6	70.8	60.1	39.9
Салициловая кислота, 0.1%	65.7	66.3	54.2	45.8
Хитозан, 0.1% + салициловая кислота, 0.01%	76.3	61.9	45.5	54.5
Хитозан, 0.1% + салициловая кислота, 0.1%	67.9	58.0	36.5	63.5

* Вирус Y определяли в растениях во всех вариантах опыта через 10 дней после последней третьей обработки.

При совместном применении наиболее сильное лечебное действие на растения картофеля, инфицированные вирусом Y, оказывала трехкратная обработка раствором, содержащим 0.1% хитозана и 0.1% салициловой кислоты. Биологическая эффективность такой обработки составляла 63.5%.

Таким образом, проведенные нами исследования доказывают эффективность препаратов индукторов болезнестойкости в борьбе с вирусными и грибными заболеваниями, что, как известно, связано с образованием активных форм кислорода (АФК), которые способны через определенные сигнальные системы запускать работу генов защиты [Тютюрев, 2002]. Хитозан и салициловая кислота при раздельном и совместном применении индуцируют в растениях окислительный стресс, что выра-

жается в более быстром и резком повышении активности пероксидазы – фермента, участвующего в метаболизме активных форм кислорода (АФК). Наличие пероксидазы является показателем окислительного стресса за счет накопления антиокислителей (витамин С) [Евстигнеева, Павлова, Тютюрев, 2012].

Уровень активности пероксидазы может свидетельствовать о положительном действии препаратов против вирусов и грибных патогенов. Активные формы кислорода могут прямо действовать на вирус, разрушая его белковую оболочку или геномную РНК. Считаем, что хитозан как поликатион может прямо взаимодействовать с отрицательно заряженной РНК вируса и таким образом блокировать его репликацию и перемещение [Тютюрев, 2002; Kowalski et al., 2006; Чирков, 2009].

Заключение

Предпосадочная обработка миниклубней и двукратное опрыскивание растений хитозаном, салициловой и арахидоновой кислотами против вируса Y, альтернариоза на вегетирующих растениях, черной парши (ризоктониоза) на клубнях нового урожая защищает растения картофеля сорта Елизавета от данных патогенов на естественном инфекционном фоне.

Установлено, что низкомолекулярный (М.м. < 15 кДа) фитоактивный хитозан и салициловая кислота проявляют как защитное, так и лечебное действие против вируса Y

картофеля, более сильное при совместном, чем при раздельном применении ингредиентов и в полевых опытах в виде водного раствора с соответствующими концентрациями каждого соединения. Наиболее эффективные концентрации хитозана и салициловой кислоты против первичной инфекции вируса Y в поле составили 0.1% раствор салициловой кислоты в 0.1% растворе хитозана. Биологическая эффективность салициловой кислоты зависела как от концентрации растворов, так и от числа обработок и была максимальной – 45.8% при трехкратной обработке

0.1% раствором. Двух- и трехкратное опрыскивание растений картофеля сорта Елизавета этими концентрациями препаратов полностью защищало их от первичной инфекции вирусом Y. Трехкратное опрыскивание растений растворами хитозана и салициловой кислоты в концентрациях 0.1% хитозана и 0.01%–0.1% салициловой кислоты снижало число зараженных растений на 5–88%.

Лечебное действие хитозана и салициловой кислоты невысокое, 40–63.5%. Оно усиливалось с увеличением числа обработок вегетирующих растений. При совместном применении наибольшее лечебное действие на растения картофеля, инфицированные вирусом Y, оказывала трехкратная обработка раствором, содержащим 0.1% хитозана и 0.1% салициловой кислоты. Биологическая эффективность такой обработки составляла 63.5%.

Plant Protection News, 2015, 3(85), p. 21 – 26

BIOLOGICAL EFFICIENCY OF SOME DISEASE RESISTANCE INDUCTORS IN THE SYSTEM OF REHABILITATION AND PROTECTION OF POTATO AGAINST DISEASES IN ORIGINAL SEEDAGE

N.A. Pavlova

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

Such disease resistance inducers as chitosan, salicylic acid and arachidonic acid, applied by minituber pre-treatment and two-time spraying of vegetative plants, increased Elizabeth variety plant resistance to potato virus-Y, *Alternaria* and black scab (*Rhizoctonia*). This pre-treatment and subsequent double spraying by those inducers protected plants from virus-Y primary infection with biological efficiency 100%, 95% and 73.3%, respectively, at the disease distribution 24%. Efficacy of preplant minituber treatment and two-time spraying by the same three inducers was 85%, 90%, 80% against *Alternaria* on vegetating plants; 90%, 93%, 97% against black scab on tubers of the new yield, at the disease distribution 20.5% and 12% accordingly. The composition based on chitosan and salicylic acid in 0.1% aqueous solution with 0.1% concentration of each compound showed the greatest efficiency against virus-Y for protection of potato of the first field generation and super-super elite. The joint use of chitosan and salicylic acid at 200 l/ha reduced the virus-Y distribution by 96.7% at one treatment and by 100% at 2–3 treatments with 10 day interval at the disease distribution 26.7%. Biological efficiency of chitosan (0.1% solution) against secondary tuber infections increased with the increase of treatment number: 23.1% at one treatment and 40.8% at 3 treatments.

Keywords: potato; virus; minituber; inducer; disease resistance; chitosan; salicylic acid; arachidonic acid; biological efficiency.

Библиографический список (References)

- Анисимов Б.В. Фитопатогенные вирусы и их контроль в семеноводстве картофеля / Б.В. Анисимов // Картофель и овощи. М.: 1999. N 1. С. 23–24.
- Анисимов Б.В. Фитопатогенные вирусы и их контроль в семеноводстве картофеля (Практическое руководство) / Б.В. Анисимов // М., ФГНУ «Росинформагротех», 2004. 80 с.
- Атабеков И.Г. Биотехнологические методы в создании безвирусного растениеводства в СССР / И.Г. Атабеков // Вестник АН СССР. 1988. N 6. С. 19–25.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований [Текст] / Б.А. Доспехов // М.: Колос, 1979. 416 с.
- Евстигнеева Т.А., Павлова, Н.А., Тютюрев, С.Л. Влияние фитоактивного хитозана и салициловой кислоты на устойчивость растений картофеля к вирусу Y / Т.А. Евстигнеева, Н.А. Павлова, С.Л. Тютюрев // Вестник защиты растений. N 2. – 2012. С. 27–33.
- Зыкин А.Г. Эффективность комплексного применения культуры меристем и клонового отбора в первичном семеноводстве картофеля. Вопросы картофелеводства / А.Г. Зыкин // Материалы научно-практической конференции «Научное обеспечение картофелеводства России: состояние, проблемы». ВНИИХХ, 8–10 октября 2001 г. Научные труды. Россельхозакадемия, ВНИИХХ. М.: 2001. С. 290–291.
- Куликов С.Н., Чирков, С.Н., Ильина, А.В., Лопатин, С.А., Варламов, В.П. Влияние молекулярного веса хитозана на его антивирусную активность в растениях / С.Н. Куликов, С.Н. Чирков, А.В. Ильина, С.А. Лопатин, В.П. Варламов // Прикладная биохимия и микробиология. 2006. T.42, вып. 2. С. 224–228.
- Попкова К. В. и др. Защита картофеля в условиях индустриальной технологии / К. В. Попкова, Ю. И. Шнейдер, А. С. Воловик, В. А. Шмыгля / М.: Россельхозиздат, 1986. 152 с.
- Схиппер Э. Контроль и сертификация семенного картофеля в Голландии / Э. Схиппер // Картофельная система. 2009. N 2. <http://www.potatosystem.ru/kontrol-i-sertifikatsiya-semennogo-kartofelya-v-gollandii/>
- Тютюрев С.Л. Научные основы индуцированной болезнестойчивости растений / С.Л. Тютюрев // СПб, 2002. 328 с.
- Тютюрев С.Л. Механизмы действия фунгицидов на фитопатогенные грибы / С.Л. Тютюрев // СПб.: Нива, 2010. 170с.
- Чирков С.Н. Антивирусная активность хитозана (обзор) / Чирков С.Н. // Прикладная биохимия и микробиология. 2002. T. 38. С. 1–8.
- Чирков С.Н. Противовирусные свойства хитозана. Хитин и хитозан: получение, свойства и применение / С.Н. Чирков // Под ред. К.Г. Скрябина, Г.А. Вихорева, В.П. Варламова. М.: Наука, 2002. С. 327–338.
- Чирков С.Н. Иммунохимическая и молекулярная диагностика вирусных инфекций картофеля / С.Н. Чирков : автореф. ... докт. дис. М.: 2009. 51 с.
- Kowalski B., Terry, F.J., Herrera, I., Penalver, D. Application of soluble chitosan in vitro and in the greenhouse to increase yield and seed quality of potato minitubers / B.Kowalski, F.J. Terry, I.Herrera, D. Penalver // Potato research. 2006. Vol. 49. P. 167–176.
- Pospieszny H., Chirkov, S., Atabekov, J. Induction of antiviral resistance in plants by chitosan / H.Pospieszny, S. Chirkov, J. Atabekov // Plant Science. 1991. Vol.79. P. 63–68.
- Zamalieva F.F. Potato seed production in Tatarstan [Text] / F.F. Zamalieva, Z. Stasevski, G.F. Safulina, R.R. Nazmieva, Z.Z. Salikhova, I.V. Pikalova, E.A. Gimaeva, S.G. Vologin, E.A., Davletshina, G.D. Kadyrova // Potato for a changing world: 17-th triennial Conference of European Association for Potato Research: abstracts of papers and posters / S.C. Chiru, Gh. Olteanu, C. Aldea, C. Badarau (eds),– Brasov, July 2008. P. 320–323.

Translation of Russian References

- Anisimov B.V. Phytopathogenic viruses and their control in seed farming of potatoes. Kartofel' i ovoshchi. Moscow: 1999. N 1. P. 23–24. (In Russian).
- Anisimov B.V. Phytopathogenic viruses and their control in seed farming of potatoes (Practical guidance). Moscow: Rosinformaagrotekh, 2004. 80 p. (In Russian).
- Atabekov I.G. Biotechnological methods in creation of virus-free plant growing in the USSR. Vestnik AN SSSR. 1988. N 6. P. 19–25. (In Russian).
- Chirkov S.N. Antiviral properties of chitozan. In: Khitin i khitozan: poluchenie, svoistva i primenenie (K.G. Skryabin, G.A. Vikhoreva, V.P. Varlamov, Eds.). Moscow: Nauka, 2002. P. 327–338. (In Russian).

- Chirkov S.N. Antivirus activity of a chitozan (review). *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*. 2002. V. 38. P. 1–8. (In Russian).
- Chirkov S.N. Immunochemical and molecular diagnosis of viral infections of potatoes. PhD Thesis. Moscow: 2009. 51 p. (In Russian).
- Dospekhov B.A. Method of field experiment with bases of statistical processing of results of researches. Moscow: Kolos, 1979. 416 p. (In Russian).
- Evstigneeva T.A., Pavlova, N.A., Tyuterev, S.L. Influence of phytoactive chitozan and salicylic acid on resistance of potato plants to virus Y. *Vestnik zashchity rastenii*. N 2. 2012. P. 27–33. (In Russian).
- Kulikov S.N., Chirkov, S.N., Il'ina, A.V., Lopatin, S.A., Varlamov, V.P. . Influence of molecular weight of chitozan on its anti-virus activity in plants. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*. 2006. V.42, N 2. P. 224–228. (In Russian).
- Popkova K.V., Yu.I. Schneider, A.S. Bugloss, V.A. Shmyglya. Protection of potatoes in conditions of industrial technology. Moscow: Rossel'khozizdat, 1986. 152 p. (In Russian).
- Skipper E. Control and certification of seed potatoes in Holland. *Kartofel'naya sistema*. 2009. N 2. <http://www.potatosystem.ru/kontrol-i-sertifikatsiya-semennogo-kartofelya-v-gollandii/>. (In Russian).
- Tyuterev S.L. Mechanisms of effect of fungicides on phytopathogenic fungi. St. Petersburg: Niva, 2010. 170 p. (In Russian).
- Tyuterev S.L. Scientific bases of induced resistance to plant diseases. St. Petersburg. 2002. 328 p. (In Russian).
- Zykin A.G. Effectiveness of complex application of meristem culture and clonal selection in primary seed farming of potatoes. Questions of potato growing. In: *Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii «Nauchnoe obespechenie kartofelevodstva Rossii: sostoyanie, problemy»*. VNNKKh, October 8–10, 2001. Moscow: VNNKKh. 2001. P. 290–291. (In Russian).

Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург – Пушкин, Российская Федерация
 Павлова Наталья Александровна. Научный сотрудник,
 e-mail: nat5356@yandex.ru

Information about the author

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg – Pushkin, Russian Federation
 Pavlova Natalia Alexandrovna. Researcher,
 e-mail: nat5356@yandex.ru

УДК 632.51

ПЛОДОВИТОСТЬ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ И БИОГРУПП В ПОСЕВАХ И РУДЕРАЛЬНЫХ ЭКОТОПАХ

О.Н. Курдюкова

Институт защиты растений НААН, Киев

Семенная продуктивность сорных растений существенно изменяется у различных видов. Выявленная гербологами амплитуда различий (10–100 раз) по плодовитости конкретных видов сорных растений предполагает изучение зонального аспекта проблемы. Цель работы – установление плодовитости сорных растений, наиболее распространенных в сеgetальных и рудеральных экотопах степной зоны Украины. Учеты семенной продуктивности 158 видов сорных растений в 2007–2012 гг. проводили дифференцированно путем подсчетов на каждой особи генеративных побегов соцветий или плодов и семян в них с последующим пересчетом на одно растение. Дана сравнительная оценка плодовитости однолетних, двулетних и многолетних сорных растений. В посевах сельскохозяйственных культур яровые, озимые и зимующие сорные растения характеризовались одинаковой плодовитостью (в среднем 10.5 – 10.3 тыс. шт. семян на одном растении), а в рудеральных экотопах преимущество было за яровыми сорняками (в среднем 51.8 тыс. шт. семян), или в 1.4 раза больше, чем у озимых и зимующих. Двулетние и многолетние сорные растения, особенно корнеотпрысковые и корневищные, максимальной плодовитости достигали в рудеральных экотопах, где количество семян на растении у яровых сорняков достигало 95.6 тыс., а озимых и зимующих – 59.9 тыс., или было в 5.8 и 3.4 раз большим, чем в сеgetальных экотопах. Наименьшей плодовитостью отличались многолетние мочковатокорневые сорняки и эфемеры. Полупаразиты существенно уступали паразитным сорнякам. Максимальную плодовитость в посевах сельскохозяйственных культур формируют паразитные и полупаразитные, однолетние яровые, озимые и зимующие сорные растения, из многолетних – стержнекорневые, в рудеральных экотопах – многолетние корнеотпрысковые и корневищные виды.

Ключевые слова: семенная продуктивность, однолетние сорные растения, многолетние сорные растения.

Широкое присутствие сорных растений в агрофитоценозах и рудеральных экотопах обеспечивается их высокой семенной продуктивностью, которая по мнению многих гербологов в сотни и тысячи раз превышает плодовитость культурных растений [Доброхотов, 1961; Котт, 1961; Иващенко, 2001]. Семенная продуктивность сорных растений определяется внешними и внутренними факторами и существенно изменяется у различных видов сорняков – от нескольких десятков у одних до сотен тысяч и миллионов у других [Барбарич и др., 1970; Иващенко, 2001; Курдюкова, 2014]. Кроме того, продуцирование семян различными

видами сорных растений в значительной мере определялось их жизненным циклом и биогруппой [Курдюкова, Конопля, 2012]. Одни исследователи [Косолап, 2011; Марков, 2012] считают, что самой высокой плодовитостью отличаются однолетние сорняки, другие [Hart, 1977; Fenner, 1985] утверждают, что двулетние или многолетние. Поэтому у разных авторов различия по плодовитости одних и тех же видов нередко достигали десятков и даже сотен раз [Доброхотов, 1961; Котт, 1961; Барбарич и др., 1970; Иващенко, 2001; Косолап, 2011].

Цель данной работы – установить плодовитость сорных растений различных типов и биогрупп. Для её достижения в течение 2007 – 2012 гг. определяли минимальную,

среднюю и максимальную семенную продуктивность 158 видов сорняков, наиболее распространенных в сеgetальных и рудеральных экотопах Степной зоны Украины.

Методика исследований

Учеты семенной продуктивности сорняков проводили дифференцированно: путем подсчетов на каждой особи; подсчетов генеративных побегов, соцветий или плодов и семян в них с последующим пересчетом на одно растение; путем обмолота семян с 50 – 100 растений с последующим их взвешиванием, отбором средней пробы, определением ее массы и пересчетом плодовитости одного растения; на 5 – 20 маркированных модельных растениях. У видов с неравномерным или неодновременным созреванием семян учеты проводили в 2 – 3 этапа или под специ-

альными изоляторами. Образцы сорняков в популяциях обязательно охватывали все их разнообразие [Строна, 1964].

За среднюю плодовитость растения принимали среднее количество семян из данной группы проведенных учетов, минимальной и максимальной – соответственно наименьшее и наибольшее фактическое количество семян с одной особи из данной группы учетов, абсолютно максимальной – наибольшее количество семян с одной особи из всех исследованных нами за весь период проведения учетов.

Результаты исследований

В наших опытах в посевах сельскохозяйственных культур самой высокой плодовитостью, которая обеспечивала повышение их биологического потенциала, характеризовались однолетние виды сорных растений. Средняя плодовитость одного растения их достигала 9706 шт. или была выше в 2.3 раза, чем у двулетних и в 1.3 раза – чем у многолетних сорных растений. На рудеральных местопро-

израстаниях плодовитость их, напротив, была наименьшей и не превышала 41.8 тыс., многолетних – 56.8 тыс., а двулетних 81.5 тыс. шт., что связано, очевидно, с меньшей приспособленностью большинства однолетних сорняков к этим экотопам. Максимальная и минимальная плодовитость сорняков имела ту же тенденцию, что и средняя (табл. 1).

Таблица 1. Плодовитость различных биогрупп и биотипов сорных растений в сеgetальных и рудеральных экотопах, шт. семян с растения (2007 – 2012 гг.)

Биотипы и биогруппы сорняков	Сеgetальные местопроизрастания				Рудеральные местопроизрастания			
	количество видов	плодовитость			количество видов	плодовитость		
		минимальная	средняя	максимальная		минимальная	средняя	максимальная
Однолетние, из них :	109	5144	9706	20749	134	24294	41773	74621
эфемеры	14	271	914	953	15	3340	5284	7071
яровые	58	7052	10565	16529	77	32173	51791	95624
озимые и зимующие	37	6420	10330	18257	42	17188	36222	59937
Двулетние	9	2136	4272	10180	23	57512	81481	111986
Многолетние, из них:	37	2967	7232	14755	98	26342	56802	85671
стержнекорневые	12	1937	12145	21069	38	30285	50609	84289
корнеотпрысковые	15	1360	3359	6401	22	39293	79854	104805
корневищные	8	4659	8497	13928	32	33456	77137	170866
мочковатокорневые и др.	2	655	1748	3701	6	5467	26085	102674
Паразиты	2	86232	113445	146988	4	45482	76625	104683
Полупаразиты	1	14757	40188	81392	4	3842	9797	18170

В посевах сельскохозяйственных культур яровые, озимые и зимующие однолетние сорные растения характеризовались, практически, одинаковой плодовитостью и формировали в среднем 10.5 – 10.3 тыс. шт. семян на одном растении.

В рудеральных экотопах существенные преимущества по уровню плодовитости были за яровыми видами сорных растений, на каждом растении которых формировалось в среднем 51.8 тыс. шт. семян, или в 1,4 раза больше, чем у озимых и зимующих. Максимальное количество семян на одном растении у яровых сорных растений достигало 95,6 тыс., а озимых и зимующих – 59.9 тыс., или было в 5.8 и 3.4 раз большим, чем в сеgetальных экотопах.

Наименьшей плодовитостью среди однолетних сорных растений, как в сеgetальных так и рудеральных местопроизрастаниях, отличались эфемеры. Средняя семенная продуктивность их в посевах сельскохозяйственных культур не превышала 914 шт., в рудеральных экотопах – 5284 шт., а максимальная, соответственно, 953 и 7071 шт.

У двулетних видов, которые встречались в сеgetальных экотопах, несмотря на самую низкую семенную про-

дуктивность отдельные виды растений были чрезвычайно плодовиты. Так, у болиголова пятнистого (*Conium maculatum* L.) она достигала 447.9 тыс., коровяка густоцветкового (*Verbascum densiflorum* Bertol.) – 186.9 тыс. шт., белены черной (*Hyoscyamus niger* L.) – 119.3 тыс. шт. семян на одном растении.

При свободном произрастании настоящих и факультативных двулетних сорных растений средние и максимальные показатели плодовитости были большими, чем в агрофитоценозах (табл. 2).

Разница семенной продуктивности двулетних сорных растений была связана главным образом с показателями структуры продуктивности. Так, у василька раскидистого (*Centaurea diffusa*) в посевах подсолнечника на растении формировалось корзинок в два раза больше (427 шт.), чем в межсеgetальных экотопах (211 шт.).

У татарника обыкновенного (*Onopordum acanthium*) количество семян в корзинке было 125 шт., а количество корзинок изменялось от 17 в агрофитоценозах до 56 шт. в межсеgetальных экотопах.

Таблица 2. Плодовитость некоторых настоящих и факультативных двулетних сорных растений в агрофитоценозах и межсегетальных экотопах Степи Украины, тыс. шт. с растения (2006 – 2008 гг.)

Виды сорных растений	Агрофитоценозы			Межсегетальные экотопы		
	мини-мальная	средняя	макси-мальная	мини-мальная	средняя	макси-мальная
Люцерна хмелевидная (<i>Medicago lupulina</i> L.)	1.32	3.14±0.22	18.2	9.14	13.6±1.72	19.6
Донник белый (<i>Melilotus albus</i> Medik.)	2.17	3.30±0.16	4.50	1.95	7.22±0.93	18.1
Липучка шероховатая (<i>Lappula squarrosa</i> (Retz.)	0.31	1.27±0.11	2.54	0.21	1.23±0.12	2.44
Морковь дикая (<i>Daucus carota</i> L.)	3.10	9.00±0.42	13.5	5.13	33.0±1.27	52.5
Чертополох курчавый (<i>Carduus crispus</i> L.)	0.98	3.91±0.29	20.2	1.35	4.12±0.92	22.2
Синяк обыкновенный (<i>Echium vulgare</i> L.)	0.33	1.54±0.09	3.42	0.75	4.00±0.67	14.3
Икотник серый (<i>Berteroa incana</i> (L.) DC.)	3.00	4.80±0.28	6.75	3.14	5.18±0.55	7.28
Татарник обыкновенный (<i>Onopordum acanthium</i> L.)	1.93	4.11±0.14	7.18	2.14	4.35±0.09	7.07
Василек раскидистый (<i>Centaurea diffusa</i> Lam.)	1.10	4.70±0.72	12.9	1.00	2.16±0.51	4.54
Подорожник большой (<i>Plantago major</i> L.)	0.01	0.04±0.01	0.26	0.06	0.94±0.01	1.50
Вайда красильная (<i>Isatis tinctoria</i> L.)	0.33	1.53±0.36	2.18	0.96	1.67±0.44	4.48

Плодовитость чертополоха курчавого (*Carduus crispus*) определялась главным образом количеством корзинок, которых в агрофитоценозах было 22 шт., а в межсегетальных экотопах – 120 шт., в то же время количество семян в корзинке мало изменялось и составляло 61 шт.

У растений икотника серого (*Berteroa incana*) плодовитость растений определялась комплексом показателей, в частности количеством продуктивных стеблей (от 6 до 12 шт.), стручков на одном растении (от 30 до 66 шт.), количеством семян в стручке (от 12 до 18 шт.).

У группы многолетних сорняков в посевах сельскохозяйственных культур самой высокой плодовитостью отличались стержнекорневые виды. Средняя плодовитость одного растения превышала 12.1 тыс. шт., а максимальная – 2.1 тыс., тогда как корневищные образовывали 8.5 и 13.9 тыс. шт., корнеотпрысковые – 3.3 и 6.4 тыс. шт., а корнемочковатые – только 1 и 3.7 тыс. шт. семян, или в 5.7 – 6.9 раз меньше, чем стержнекорневые.

Несколько другим был характер семенной продуктивности различных биогрупп многолетних сорняков в рудеральных экотопах, где максимальное количество семян на одном растении формировали корнеотпрысковые и корне-

вищные виды, средняя плодовитость которых достигала 79.8 и 77.1 тыс. шт., а максимальная – 104.8 и 170.9 тыс. шт., тогда как стержнекорневых – лишь 50.6 и 84.3 тыс. шт., или меньше в 1.5 – 1.6 и 1.2 – 2.0 раза.

На необрабатываемых или редко обрабатываемых землях многолетние корнеотпрысковые и корневищные сорняки часто образовывали куртины, которые представляли собой одно растение, состоящее из материнского и дочерних плодовых стеблей, связанных между собой единой корневой системой или корневищем. Плодовитость таких растений чрезвычайно высока. Так, по нашим подсчетам максимальная семенная продуктивность одного растения латука татарского (*Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey.) в посевах кукурузы составляла 1.6 – 1.8 тыс. шт., ячменя ярового – 1.5 – 2.2 тыс. шт., гороха – 1.9 – 2.8 тыс. шт., а при свободном произрастании на обрабатываемых землях – 4.5 – 5.4 тыс. шт. Тогда как на необрабатываемых землях (3 – 4-летний перелог) в популяциях, где от одного материнского растения образовывалась куртина, насчитывающая до 300 и более продуктивных стеблей, плодовитость одного растения достигала 270 – 480 тыс. шт. семян (табл. 3).

Таблица 3. Плодовитость одного растения латука татарского (*Lactuca tatarica*) в агрофитоценозах и рудеральных экотопах, шт. семян (2005 – 2007 гг.)

Агрофитоценозы	Левобережная Степь		Левобережная Засушливая Степь	
	средняя	максимальная	средняя	максимальная
Кукуруза	44 ±11	1860 ±737	63 ±10	1593 ±638
Ячмень яровой	86 ±19	2260 ±816	175 ±14	1532 ±203
Горох	130 ±26	2798 ±757	150 ±12	1944 ±311
Свободный рост	268 ±32	5407 ±983	264 ±19	4712 ±684
Куртина	9559 ±969	480013 ±4200	5678 ±829	270156 ±3900

Наименьшей плодовитостью, как в сегетальных, так и рудеральных экотопах отличались корнемочковатые виды сорных растений, семенная продуктивность которых не превышала в среднем 26.1 тыс. шт. Однако максимальная плодовитость одного растения с мочковатой корневой системой на рудеральных местопроизрастаниях была в 1.2 раза большей, чем стержнекорневых, но меньшей, чем корнеотпрысковых.

То есть, как средняя, так и максимальная плодовитость сорняков сегетальных и рудеральных местопроизрастаний существенно отличались, что связано с различными экологическими и биологическими приспособлениями видов

и биогрупп растений и их стойкостью к антропогенным воздействиям, в частности к интенсивности обработки почвы и ее плодородию, скашиванию, вытаптыванию, агрофитоценологическим приспособлениям и т. д.

Чрезвычайно высокой плодовитостью отличались паразитные и полупаразитные виды растений. В посевах сельскохозяйственных культур паразитные сорные растения превышали по плодовитости все другие биогруппы и биотипы сорняков, формируя в среднем 113.4 тыс. шт. семян. Их максимальная семенная продуктивность достигала почти 147 тыс. шт. с одного растения, что в 7 раз больше, чем однолетних и в 10 и 14 раз больше, чем мно-

голетних и двулетних. В то же время в рудеральных экотопах средняя плодовитость этих сорных растений была несколько большей, чем однолетних и многолетних видов, но меньшей, чем двулетних, и составляла в среднем 76.6 тыс. шт. с растения.

Средняя плодовитость полупаразитных сорняков была в 2.8 – 7.8 раз меньше в сравнении с паразитными видами и не превышала в сеgetальных экотопах 40.1 тыс. шт., а в рудеральных – 9.8 тыс. шт., максимальная плодовитость их была выше средних показателей почти вдвое и составляла, соответственно, 81.3 та 18.1 тыс. шт. с растения.

Выводы

В рудеральных экотопах плодовитость сорняков более высокая, чем в сеgetальных. Максимальную плодовитость в посевах сельскохозяйственных культур формируют паразитные и полупаразитные, однолетние яровые, озимые и

зимующие сорняки, из многолетних – стержнекорневые, а в рудеральных экотопах – многолетние корнеотпрысковые и корневищные виды.

Plant Protection News, 2015, 3(85), p. 26 – 29

FERTILITY OF WEEDS OF DIFFERENT TYPES AND GROUPS IN CROPS AND RUDERAL ECOTOPES

O.N. Kurdyukova

Institute of Plant Protection of National Academy of Agrarian Sciences, Kiev, Ukraine

The results of the long-term field studying the minimum, medium, and maximum seed production of 158 weed species are presented, which are the most commonly encountered in the agropcenoses and ruderal ecotopes of the Steppe Zone of Ukraine. A comparative estimate of annual, biennial and perennial weed fecundity has been made. It is shown that spring, winter, and wintering weeds in plantings of agricultural crops are characterized by the same fecundity, and the fecundity of spring weeds is higher in ruderal ecotopes. The fecundity of biennial and perennial weeds, specifically the fecundity of creeping-rooted and rhizomatous weeds, is maximal in ruderal ecotopes. Ephemeral and perennial fibrous-rooted weeds have minimal fecundity. Particularly high fecundity is characteristic for parasitic and semiparasitic weeds. In plantings of agricultural crops, parasitic weed fecundity exceeds the fecundity of weeds from other biological groups. On the other hand, the medium fecundity of those weeds in ruderal ecotopes is slightly higher than the fecundity of annual and perennial weeds, but being lower than that of biennial weeds. The fecundity of semiparasitic weeds is considerably lower than that of parasitic weeds.

Keywords: seed; fecundity; annual weed; perennial weed; biennial weed.

Библиографический список (References)

- Барбарич А.І. Бур'яни України: визначник-довідник / А.І. Барбарич, О.Д. Вісюліна, М.Є. Воробйов та ін. // К.: Наук. думка, 1970. 508 с.
- Доброхотов В.Н. Семена сорных растений. М.: Сельхозиздат, 1961. 414 с.
- Івашченко О.О. Бур'яни в агрофітоценозах. Проблеми практичної гербології. К.: Світ, 2001. 235 с.
- Косолап М.П. Атлас насіння бур'янів. К.: Головдержкарantin, 2011. 500 с.
- Котт С.А. Справочное пособие по борьбе с сорными растениями. М.: Учпедгиз, 1961. 248 с.
- Курдюкова О.М. Бур'яни Степів України. Луганськ: Елтон-2, 2012. 348 с.
- Курдюкова О.Н. Семенная продуктивность различных видов сорных растений // Вестник защиты растений. 2014. N 1. С.30–35.
- Курдюкова О.Н. Плодовитость сорняков при различных условиях их вегетации // Защита и карантин растений. 2014. N 1. С.40–41.
- Марков М.В. Популяционная биология. М.: Тов. научн. изд. КМК, 2012. 387 с.
- Строна И.Г. Методика изучения биологических свойств семян сорных растений. М.: Колос, 1964. 28 с.
- Fenner M. Seed ecology / M. Fenner // London : Springer London. Limited, 1985. 150 p.
- Hart R. Why the biennials are so few / R. Hart // The American Naturalist. 1977. N 9. P.792–799.

Translation of Cyrillic-based References

- Barbarich A.I., O.D. Visyulina, M.E. Vorobiov et al. Weeds of Ukraine: key-directory. Kiev: Naukova dumka, 1970. 508 p. (In Ukrainian).
- Dobrokhотов V.N. Weed seeds. Moscow: Sel'khozizdat, 1961. 414 p. (In Russian).
- Ivashchenko O.O. Weeds in agrophytocenoses. Practical problems of weed science. Kiev: Svit, 2001. 235 p. (In Ukrainian).
- Kosolap M.P. Atlas of weed seeds. Kiev: Golovderzhkarantin, 2011. 500 p. (In Ukrainian).
- Kott S.A. Handbook on weed control. Moscow: Uchpedgiz, 1961. 248 p. (In Russian).
- Kurdyukova O.M. List of Weeds in the Steppe Zone of Ukraine. Lugansk: Elton-2, 2012. 348 pp. (In Ukrainian).
- Kurdyukova O.N. Fecundity of weeds under different conditions of vegetation. Zashchita i karantin rastenii. 2014. N 1. P. 40–41. (In Russian).
- Kurdyukova O.N. Seed production of various species of weeds. Vestnik zashchity rastenii. 2014. N 1. P. 30–35. (In Russian).
- Markov M.V. Population biology. Moscow: KMK, 2012. 387 p. (In Russian).
- Strona I.G. Method of studying biological features of weed seeds. Moscow: Kolos, 1964. 28 p. (In Russian).

Сведения об авторе

Институт защиты растений Национальной академии аграрных наук Украины, улица Васильковская, 33, 03022, г. Киев, Украина
Курдюкова Ольга Николаевна. Научный сотрудник лаборатории гербологии, кандидат биологических наук, доцент,
e-mail: asfodelina@ro.ru

Information about the author

Institute of Plant Protection of National Academy of Agrarian Sciences, 33 Vasilkovskaya Str., 03022, Kiev, Ukraine
Kurdyukova Olga Nikolaevna, Researcher, PhD in Biology,
e-mail: asfodelina@ro.ru

УДК: 591.492.571.15

ВНУТРИВИДОВАЯ СТРУКТУРА ЛОКАЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ВРЕДНОЙ ЧЕРЕПАШКИ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

А.В. Капусткина, Л.И. Нефедова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Представлены результаты исследований внутривидовой структуры алтайской популяции вредной черепашки, развившейся на различных генотипах яровой пшеницы, и сравнительный анализ её фенооблика с типичными характеристиками южно-степного экотипа вида. Установлено, что в структуре алтайской популяции вредителя прослеживается диверсификация фенооблика, заключающаяся в изменении соотношения доли особей 1, 2, и 3 морфотипов при преимущественном преобладании особей 1 и 3 морфотипов, что может свидетельствовать о нарушениях структурно-функциональной организации агроэкосистем под воздействием некоторых антропогенных факторов.

Ключевые слова: Алтайский край, сорта пшеницы, вредная черепашка, фенооблик популяции, диверсификация, антропогенное воздействие.

Алтайский край – самая крупная сельскохозяйственная территория в азиатской части России. В крае присутствуют почти все природные зоны России – степь и лесостепь, тайга, горы и богатые речные экосистемы. Природно-климатические условия алтайской степи дают возможность получать зерно мягких и твердых сортов пшеницы высокого качества с повышенным содержанием клейковины [Юдин, 2006; Чеботаев, 2010; Официальный сайт органов власти Алтайского края, 2015].

Яровая пшеница является ведущей зерновой культурой в Алтайском крае, и от нее зависит экономическое положение подавляющего большинства производителей и переработчиков зерна [Третьякова, Матвеева, 2003]. Однако урожайность этой культуры остается низкой и ее потенциальные возможности реализуются всего на 30–40%. В Западной Сибири потери урожая яровой пшеницы от комплекса вредных организмов оцениваются в среднем в 30–35 %, а в годы их массового размножения могут достигать 60 % и более [Кулагин, Кудашкин, 2011].

Во многих регионах России огромный урон урожаю и качеству зерна пшеницы наносят хлебные клопы, среди которых по экономическому значению доминирует вредная черепашка (*Eurygaster integriceps* Put.). Этот фитофаг снижает не только количество урожая, но и товарные, технологические, хлебопекарные свойства зерна, а также ухудшает посевные качества. Широкомасштабные химические обработки пшеницы, наряду с преимущественным высеком неустойчивых к вредной черепашке сортов зерновых, снизили эффективность биоценотического управления в агробиоценозах и тем самым способствовали подъему численности вредителя и повышению его вредоносности. Современный ареал вредителя превышает по площади ее первоначальный анцестральный ареал в 4–5 раз и продолжает расширяться в северо-восточном направлении под воздействием антропогенных и других факторов [Павлюшин и др., 2008, 2013].

Первые сведения о заселенности вредной черепашкой посевов зерновых культур в Алтайском крае появились в 1998 году. В последующие годы отмечался резкий рост численности вредителя и увеличение заселения площадей зерновых культур. В настоящее время сотрудники «Россельхозцентра» отмечают постепенное освоение клопами все новых районов. В 2012 году согласно данным филиала ФГУ «Россельхозцентр» в Алтайском крае клоп вредная черепашка отмечался в 34 районах края и заселял 26.86

тыс. га со средней численностью 0.7–7 экз./м². К 2013 году клопы выявлялись уже в 46 районах из 60, но заселенность вредителем посевов зерновых культур была несколько ниже по сравнению с 2012 годом и составила 26.08 тыс. га при средней численности черепашки 0.6–8 экз./м². В 2014 году распространение вредной черепашки оставалось на уровне прошлого года, клопы выявлялись на 25.6 тыс. га посевных площадей при их средней численности 0.6 экз./м² в 46 районах [Обзор фитосанитарного состояния посевов..., 2013, 2014, 2015].

Проблема видов, расширяющих свои видовые ареалы, за последние два десятилетия выдвинулась в число наиболее важных проблем охраны окружающей среды. Условия большинства современных биоценозов способствуют ускорению адаптационного процесса в популяциях наиболее изменчивых доминантных видов вредителей [Павлюшин и др., 2008, 2010], что проявляется в ускоренном отборе форм, адаптированных к тем или иным лимитирующим факторам среды. Исходя из этого возникает необходимость проведения фенотипического мониторинга, который позволит оценить состояние популяции вредной черепашки в “новой” среде обитания.

Известно, что в ходе развития организмы сталкиваются с большим разнообразием условий реализации их антимеров и метамеров, и по фенотипическому разнообразию популяций можно судить об их морфогенетической “широте нормы реакции” [Васильев, Васильева, 2009]. Для изучения адаптивной изменчивости популяций разных видов вредителей в новой среде обитания широко и эффективно используются методы фенотипики [Шварц, 1980; Яблоков, 1980, 1987; Васильев, 2005 и др.], позволяющие оценить состояние и изменчивость структуры видов на основе определения и сравнительного анализа их фенотипической структуры (фенооблика).

Методика анализа фенотипической структуры популяции основана на выявлении, изучении и учете частот встречаемости в природных популяциях дискретных наследственно обусловленных вариаций признаков – фенотипов, которые могут служить маркерами особенностей разных групп особей внутри вида. Таким образом, особенности фенотипической структуры популяции фитофагов являются показателем экологического состояния экосистем и могут служить индикатором при биомониторинге негативных процессов в экосистемах [Павлюшин и др., 2008, 2013].

Основная цель наших исследований состояла в изучении внутривидовой структуры алтайской популяции вредной черепашки, проведении сравнительного анализа её фенооблика с типичными характеристиками южно-степ-

ного экотипа и определении отличительных особенностей структуры этих популяций в различных природно-климатических зонах.

Материал и методы

Изучение фенотипической структуры локальных популяций вредной черепашки в Алтайском крае проводилось на выборках имаго клопов летнего поколения, завершивших полный цикл своего развития на сортах яровой пшеницы репродукции Алтайского НИИСХ (суперэлита) – Алтайская 325, Алтайская 70, Алтайская 75, Степная нива, Степная волна, Алтайская жница. В период вегетации на посевах была проведена одна обработка инсектицидом фатрин, КЭ (0.2 л/га). Общая выборка клопов составила 472 особи, в том числе развившихся на сорте Алтайская 325 – 78 особей; на сорте Алтайская 70 – 80 особей; на сорте Алтайская 75 – 76 особей; на сорте Степная нива – 83 особей; на сорте Степная волна – 76 особей; на сорте Алтайская жница – 79 особей. Анализ внутривидовой структуры популяций вредной черепашки был проведен на основе двух классов признаков: дискретных неметрических вариаций морфологических параметров рисунка щитка клопов и дискретных вариаций окраски верхней стороны тела клопов по четырем четко различаемым фенотипам

(морфотипам) [Павлюшин и др., 2008, 2013. Морфотип 1 – щиток с четко выраженным (контрастным) узором, цвет верхней стороны тела серо-коричневый; морфотип 2 – щиток с нечетко выраженным (малоконтрастным) узором, цвет серо-желтый; морфотип 3 – щиток без узора, цвет серо-коричневый (тон окраски темный); морфотип 4 – щиток без узора, цвет серо-желтый (тон окраски светлый). Описанные фены, маркирующие выделенные морфотипы, высокостабильны в онтогенезе клопов и не сцеплены с полом. Различия в структуре локальных популяций вредной черепашки на исследуемой территории проявляются в разных соотношениях частот отдельных морфотипов. Описание фенооблика популяций клопа было проведено на основе анализа частот описанных выше композиций фенов. С этой целью был рассчитан индекс генетического сходства между отдельными популяциями вида по методу Л.А. Животовского [1992], что позволяет оценить внутривидовую дифференциацию исследуемых популяций вредной черепашки.

Результаты исследований

Известно, что описанные 4 основных морфотипа характерны для всех географических популяций клопов. Различия в фенооблике проявляются лишь в соотношении частот встречаемости морфотипов в том или ином ареале. Так, в фенооблике популяций вредной черепашки в основных зерносеющих районах европейской части России и Западного Казахстана, составляющих своеобразное «центральное ядро» популяций вредителя, численно преобладают особи, принадлежащие к морфотипам 1 и 2 с доминированием особей 2 морфотипа; морфотипы 3 и 4 в структуре этих популяций присутствуют в значительно меньшем числе. По соотношению частот встречаемости особей двух доминирующих морфотипов (1 и 2) вредной черепашки в европейском фрагменте ареала прослеживается клинальная изменчивость фенооблика ее популяций – со снижением средней доли особей 2 морфотипа и повышением доли особей 1 морфотипа в северной части ареала [Павлюшин и др., 2008, 2010, 2013].

Учитывая территориальные особенности популяционного комплекса вида, был проведен сравнительный анализ параметров фенооблика алтайской популяции вредителя с характерными параметрами фенооблика южно-степного экотипа. Этот экотип характеризуется численным преобладанием доли особей 2 морфотипа (47–52%), доля особей 1 морфотипа составляет (32–37%); особей 3 и 4 морфотипов, соответственно, 11–21%.

Согласно полученным данным эти популяционные комплексы существенно различаются особенностями структуры популяций. Степень генетического сходства фенооблика южно-степного экотипа вредной черепашки и фенооблика алтайской популяции клопов низкая и составляет 0.755, или 75.5%. Степень генетического различия между морфотипами этих популяций находится на границе предельно допустимых параметров (0.17–0.22), что свидетельствует о существенных различиях структуры исследуемых популяций вредной черепашки, обитающей в различных природно-климатических зонах. Отличительной особенностью фенооблика алтайской популяции

черепашки, сформировавшейся в её вторичном ареале, являются отклонения в ту или иную сторону от значений частот морфотипов, типичных для южно-степного экотипа. По соотношению частот встречаемости морфотипов имаго алтайская популяция вредителя по сравнению с южно-степным экотипом характеризуется резким (в 3.6 раза) преобладанием доли особей 1 морфотипа над долей 2 морфотипа и значительным увеличением (до 26.3%) доли особей 3 морфотипа (рис. 1).

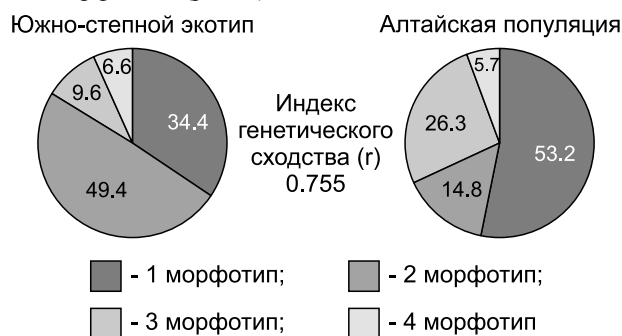


Рисунок 1. Сравнительная фенотипическая характеристика популяционной структуры вредной черепашки южно-степного экотипа и алтайской популяции клопа

Выявленные отклонения в частоте встречаемости морфотипов алтайской популяции от среднестатистических параметров фенооблика южно-степного евразийского экотипа отражают чувствительность клопов к различным биотическим и абиотическим факторам, сформировавшимся в природно-климатических условиях Алтайского края. Известно, что преобладание доли особей 1 морфотипа в выборках вредной черепашки является показателем стрессовых условий обитания вида или появления резистентных форм вредителя к применяемым в зоне инсектицидам.

Проведенные исследования показали, что структура алтайской популяции вредителя, обитающей на разных сортах яровой пшеницы, характеризуется проявлением генотипической стабильности в виде постоянства чис-

ла представленных 4 морфотипов. Индекс генетического сходства локальных популяций вредной черепашки на разных посевах яровой пшеницы высокий (0.955–0.999). Степень генетического различия между морфотипами этих популяций находится в пределах допустимых параметров

(0.17–0.22). Однако на этом фоне в локальных популяциях алтайской черепашки четко прослеживается тенденция к возрастанию 1 и 3 морфотипов и к снижению доли частот 2 морфотипа по сравнению с типичными популяциями южно-степного экотипа (табл. 1, рис. 2).

Таблица 1. Показатель генетического сходства (г) локальных популяций вредной черепашки, обитающей на разных сортах яровой пшеницы [по Животовскому, 1992]

Сорт	Алтайская жница	Алтайская 325	Алтайская 70	Степная нива	Алтайская 75	Степная волна
Алтайская жница	XXX	0.987	0.967	0.977	0.96	0.955
Алтайская 325			0.986	0.988	0.97	0.965
Алтайская 70				0.997	0.995	0.988
Степная нива					0.995	0.995
Алтайская 75						0.998
Степная волна						XXX

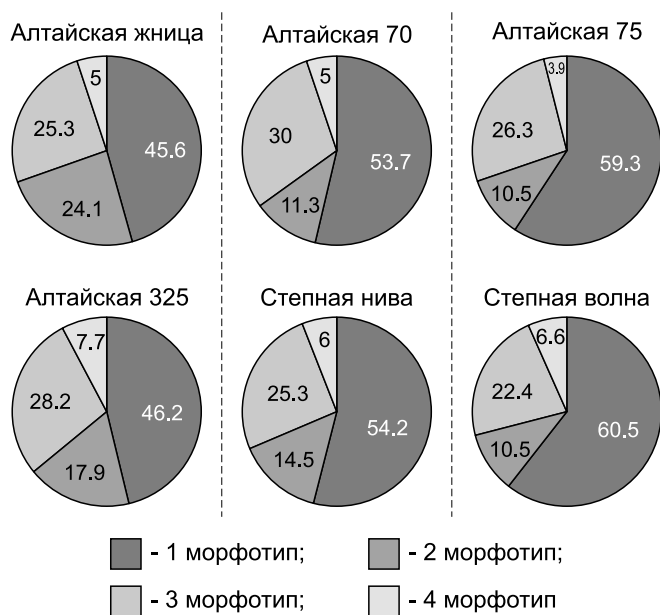


Рисунок 2. Особенности фенотипической структуры локальных популяций вредной черепашки из Алтайского края (2014г.)

По отношению частот отдельных морфотипов черепашки выделены 3 группы сортов. Первую составляют сорта Алтайская жница и Алтайская 325, на которых обитающая популяция клопов характеризуется наличием доли особей 1 морфотипа от 45.1% до 46.6%, доли осо-

бей 2 морфотипа 17.9–24.1%, доли особей 3 морфотипа 25.3–28.2%. Вторая группа – сорта Алтайская 70 и Степная нива. На этих сортах популяция клопов представлена долей особей 1 морфотипа от 53 до 54%, 2 морфотипа – 11–14.5%, 3 морфотипа – 25–30%. Популяция клопов, собранных с сортов Алтайская 75 и Степная волна (третья группа), характеризуется следующими показателями: 1 морфотип от 59 до 60.5%, 2 морфотип – 10.5%, 3 морфотип – от 22.4 до 26.3%.

Анализ структуры локальных популяций вредной черепашки в агроэкологических условиях Алтайского края показал специфику их эпигенетического ландшафта и ее отличия от типичных (средних) характеристик южно-степного евроазиатского экотипа вида. Можно полагать, что определенное значение в диверсификации популяций вредной черепашки имеют и высеваемые сорта яровой пшеницы. Как было отмечено выше, более высокие частоты встречаемости 1 морфотипа и, соответственно, более низкие частоты особей 2 морфотипа были отмечены на сортах Алтайская 75 и Степная волна. Следует отметить, что эти различия были выявлены на общем фоне применения инсектицида фатрин, КЭ (0.2 л/га). На основании этих данных можно предположить, что отдельные сорта из числа высеваемых в настоящее время в Сибирском регионе России совместно с инсектицидами могут индуцировать процессы диверсификации популяций вредной черепашки.

Заключение

Проведен сравнительный анализ внутривидовой структуры алтайской популяции вредной черепашки с фенотипическими характеристиками южно-степного экотипа вида;

– выявлено, что структура алтайской популяции вредителя характеризуется проявлением генетической стабильности – постоянства числа 4 выделенных морфотипов. Прослеживается диверсификация ее фенооблика в изменении соотношения доли особей 1, 2, и 3 морфотипов при

преимущественном преобладании особей 1 и 3 морфотипов;

– в локальных популяциях клопов, обитающих на разных сортах яровой пшеницы, также отмечено преобладание доли особей 1 и 3 морфотипов, и, соответственно, снижение доли особей 2 морфотипом, что может свидетельствовать о нарушениях структурно-функциональной организации агроэкосистем под воздействием некоторых антропогенных факторов.

Особую благодарность за предоставленный материал для исследований мы выражаем сотрудникам Алтайского НИИСХ Г.Я. Стецову и Г.Г. Садовникову.

INTRASPECIFIC STRUCTURE OF LOCAL POPULATIONS OF *EURYGASTER INTEGRICEPS* IN THE ALTAI TERRITORY

A.V. Kapustkina, L.I. Nefedova

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

The results of studying intraspecific structure of the Altai population of *Eurygaster integriceps* collected from different genotypes of spring wheat, and comparison of its phenotypes with typical characteristics of the southern steppe ecotype of the species are presented. It is established that the phenotype diversification is observed in the Altai pest population, consisting in the predominance of individuals of 1st and 3rd morphotypes (of four morphotypes revealed) that may indicate violations in the structural-functional organization of agroecosystems under the influence of some anthropogenic factors.

Keywords: Altai; wheat; variety; *Eurygaster integriceps*; phenotype; population; diversification; anthropogenic impact.

Библиографический список (References)

- Васильев А.Г. Эпигенетические основы фенетики: на пути к популяционной мерономии. Екатеринбург, Академкнига, 2005. 640 с.
- Васильев А.Г., Васильева И.А. Феногенетический мониторинг импактных растений и животных в условиях антропогенного пресса // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки, 2009. N 3. Т. 3. С. 5–12.
- Кулагин О.В., Кудашкин П.И. Эффективность комплексного применения пестицидов. // Защита и карантин растений, 2011. N 6. С. 23–24.
- Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2012 году и прогноз развития вредных объектов в 2013 году. М.: 2013. С. 80–81.
- Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2013 году и прогноз развития вредных объектов в 2014 году. М.: 2014. С. 112–114.
- Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2014 году и прогноз развития вредных объектов в 2015 году. М.: 2015. С. 117–118.
- Официальный сайт органов власти Алтайского края. Краткая информация об Алтайском крае. 2015 <http://www.altairegion22.ru/territory/info/>
- Павлюшин В.А., Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Нефедова Л.И. Вредная черепашка: распространение, вредоносность, методы контроля // Защита и карантин растений. 2010. N 1. С. 53–84.
- Павлюшин В.А., Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Нефедова Л.И., Фасулати С.Р. Фитосанитарная дестабилизация агроэкосистем. СПб.: НППЛЛ Родные просторы, 2013. 184 с.
- Павлюшин В.А., Фасулати С.Р., Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Нефедова Л.И. Антропогенная трансформация агроэкосистем и ее фитосанитарные последствия. СПб.: ВИЗР, 2008. 120 с.
- Третьякова М.Н., Матвеева Г.В. Качество зерна мягкой яровой пшеницы умеренно засушливой колочной степи Алтайского края // Вестник Алтайского Государственного Аграрного Университета. 2003. Вып. 2. С. 166–171.
- Чеботаев А.Н. Стратегическое направление развития АПК Алтайского края // Матер. V Международной научно-практической конференции «Аграрная наука – сельскому хозяйству», Барнаул: Алтайский государственный университет. 2010. С. 6–9.
- Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. М.: Наука, 1980. 278 с.
- Юдин А. Алтай (Алтайский край и Республика Алтай). М.: Изд-во: Вокруг света, 2006. 13 с.
- Яблоков А.В. Популяционная биология: Учеб. пос. для биол. спец. вузов. М.: Высшая школа. 1987. 303 с.
- Яблоков А.В. Фенетика. Эволюция, популяция, признак. М.: Наука, 1980. 135 с.

Translation of Russian References

- Chebotaev A.N. Strategic direction of development of agriculture of the Altai territory. In: Materialy V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Agrarnaya nauka – sel'skomu khozyaistvu», Barnaul: Altaiskii gosudarstvennyi universitet. 2010. P. 6–9. (In Russian).
- Kulagin O.V., Kudashkin P.I. Efficiency of complex application of pesticides. Zashchita i karantin rastenii, 2011. N 6. P. 23–24. (In Russian).
- Official website of authorities of the Altai territory. Brief information about the Altai region. 2015. <http://www.altairegion22.ru/territory/info/>. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Vil'kova N.A., Sukhoruchenko G.I., Nefedova L.I., Faculty S.R. Phytosanitary destabilization of agroecosystems. St. Petersburg: NPPPL Rodnye prostory, 2013. 184 p. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Vil'kova N.A., Sukhoruchenko G.I., Nefedova L.I. Harmful bug: distribution, harmfulness, methods of control. Zashchita i karantin rastenii. 2010. N 1. P. 53–84. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Faculty S.R., Vil'kova N.A., Sukhoruchenko G.I., Nefedova L.I. Anthropogenic transformation of agroecosystems and its phytosanitary consequences. St. Petersburg: VIZR, 2008. 120 p. (In Russian).
- Review of phytosanitary condition of crops in the Russian Federation in 2012 and forecast for development of harmful objects in 2013. Moscow: 2013. P. 80–81. (In Russian).
- Review of phytosanitary condition of crops in the Russian Federation in 2013 and forecast for development of harmful objects in 2014. Moscow: 2014. P. 112–114. (In Russian).
- Review of phytosanitary condition of crops in the Russian Federation in 2012 and forecast for development of harmful objects in 2015. Moscow: 2015. P. 117–118. (In Russian).
- Shvarts S.S. Ecological patterns of evolution. Moscow: Nauka, 1980. 278 p. (In Russian).
- Tret'yakova M.N., Matveeva G.V. Grain quality of soft spring wheat moderately dry outlier steppe of the Altai territory. Vestnik Altaiskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta. 2003. Vyp. 2. P. 166–171. (In Russian).
- Vasil'ev A.G. Epigenetic bases of phenetics: on the way to population meronomy. Ekaterinburg, Akademkniga, 2005. 640 p. (In Russian).
- Vasil'ev A.G., Vasil'eva I.A. Phenogenetic monitoring of impact plants and animals in conditions of anthropogenic pressure. Nauchnye ведомosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki, 2009. N 3. V. 3. С. 5–12. (In Russian).
- Yablokov A.V. Phenetics. Evolution, population, trait. Moscow: Nauka, 1980. 135 p. (In Russian).
- Yablokov A.V. Population biology. Moscow: Vysshaya shkola. 1987. 303 p. (In Russian).
- Yudin A. Altai (Altai Krai and Altai Republic). Moscow: Vokrug sveta, 2006. 13 p. (In Russian).

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург – Пушкин, Российская Федерация
 *Капусткина Александра Валерьевна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: ydati@mail.ru
 Нефедова Людмила Ивановна. Ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: Li-nefedova@yandex.ru

* Ответственный за переписку

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg – Pushkin, Russian Federation
 *Kapustkina Aleksandra Valeryevna. Senior Researcher, PhD in Biology, e-mail: ydati@mail.ru
 Nefedova Lyudmila Ivanovna. Leading Researcher, PhD in Agriculture, e-mail: Li-nefedova@yandex.ru

* Responsible for correspondence

УДК 634.13:591.65 (477.75)

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ГРУШЕВОЙ ЛИСТОБЛОШКИ (*PSYLLA PYRI* L.) В КРЫМУ

Е.Б. Балыкина, Д.А. Корж, Л.П. Ягодинская

Государственное бюджетное Учреждение Республики Крым
Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, Ялта

В грушевых садах Крыма грушевая листоблошка (*Psylla pyri* L., отр. Homoptera, подотр. Psylloidea) – экономически наиболее значимый фитофаг. Ежегодно от ее вредоносной деятельности в хозяйствах Крыма теряется до 2/3 урожая. Плотность популяции превышает экономический порог вредоносности (5–10 особей/100 листьев) в среднем в 15–16 раз. Цель работы – изучение сезонной динамики численности *P. pyri* для оптимизации сроков проведения защитных мероприятий. Исследования проводили в 2011–2013 гг. в промышленных грушевых садах трех хозяйств Крыма, расположенных в различных агроклиматических районах. Данные о количественном составе *P. pyri* в садах были получены методом проведения специальных фитосанитарных обследований, начиная с фенофазы развития груши «спящая почка» и заканчивая съемом урожая, с интервалом в 7–10 дней. Установлено, что за вегетационный период с февраля по октябрь развивается 5–6 насаивающихся одна на другую генераций. Установлены более ранние сроки вылета имаго перезимовавшего поколения. Увеличение СЭТ (суммы эффективных температур) за вегетацию в последнем 10-летию привело к увеличению периода вегетации на 18–22 дня и возможности развития дополнительной VI генерации вредителя, лет которого зафиксирован в сентябре – октябре. Оптимальные для эмбрионального развития вредителя 18–24°C обуславливают отрождение до 80% жизнеспособных нимф. При критических для развития яиц температурах (ниже 12°C и выше 28°C), из 75–80% яиц отрождения не происходит. Изучены особенности влияния температурных условий на различные стадии онтогенеза грушевой листоблошки. Наиболее благоприятные условия для жизнедеятельности вида складываются в центральном равнинно-степном районе Крыма с засушливой умеренно-холодной зимой, ранней весной и умеренным накоплением суммы эффективных температур. Установлены сроки максимальной яйцекладки и максимума нимфальных стадий. Определены оптимальные сроки проведения защитных мероприятий.

Ключевые слова: листоблошка грушевая, динамика яйцекладки, нимфальные стадии, сроки отрождения, погодные и температурные условия.

В грушевых садах Крыма наиболее распространены два вида листоблошек: *Psylla pyri* L. и *Psylla pyrisuga* Forst. Доминирующим видом является *P. pyri*. Грушевая листоблошка (ГЛ) снижает товарные качества плодов, делая их непригодными к употреблению из-за выделяемой медвяной росы, на которой впоследствии образуется «сажистый» грибок.

Массовое размножение ГЛ приводит к деформации побегов и раннему опадению листьев. В хозяйствах Крыма

ежегодно от ее вредоносной деятельности теряется от 1/3 до 2/3 урожая груши. Плотность популяции в 2011–2013 гг. превышала ЭПВ в 15–30 раз, а затраты на проведение защитных мероприятий в 2013 г. колебались в пределах 7.0–8.0 тыс. грн./га, а в 2014 г. 20.0–35.0 тыс. руб./га [Лазарев, 1972].

Цель работы – изучение сезонной динамики численности *P. pyri* для оптимизации сроков проведения защитных мероприятий.

Материалы и методы

Исследования проводили в 2011–2013 гг. в промышленных грушевых садах трех хозяйств Крыма, расположенных в различных агроклиматических районах: восточном предгорном – Крымская опытная станция садоводства (Симферопольский район), западном предгорном – Агрофирма (АФ) «Сады Бахчисарая» (Бахчисарайский район) и центральном равнинно-степном – АО «Крымская фруктовая компания» (Красногвардейский район), рис. 1.

Западный предгорный район относится к агроклиматическому району северного макросклона Крымских гор и характеризуется умеренно-теплой и влажной зимой с холодными ветрами и туманами. **Восточный предгорный район** так же относится к агроклиматическому району северного макросклона Крымских гор и характеризуется более засушливым и теплым климатом с умеренно-мягкой зимой, ранней весной и интенсивным накоплением биологически эффективного тепла. **Центральный равнинно-степной район** относится к равнинно-степному агроклиматическому району с засушливой умеренно-холодной зимой, ранней весной и умеренным накоплением суммы эффективных температур.

Данные о количественном составе *P. pyri* в садах были получены методом проведения специальных фитосанитарных обследований. Обследования проводили в течение всего периода вегетации, начиная с фенофазы развития груши «спящая почка» и



Рисунок 1. Агроклиматические районы возделывания груши в Крыму (по классификации О. И. Прутко, 2011)

заканчивая съемом урожая, с интервалом в 7–10 дней. При этом были отобраны образцы 1–2 летних побегов, на которых в лаборатории с помощью бинокуляра определяли количество яиц и нимф каждого возраста в пересчете на 10 пог. см. [Линник, 1973].

Результаты исследований

Установлено, что фенология *P. pyri* за последние 30 лет претерпела существенные изменения. В 80-х годах XX столетия выход имаго перезимовавшего поколения вредителя в Крыму начинался в середине апреля и продолжался до середины мая [Васильев, Лившиц, 1984]. Нами установлено, что потребность в дополнительном питании обусловила более ранний вылет. В 2011 – 2013 гг. самый ранний вылет имаго был зафиксирован на два месяца раньше: в садах Симферопольского района (10 февраля 2013 г.), а самый поздний – 14 февраля (2012 г.) в насаждениях Бахчисарайского района при среднесуточных температурах воздуха от –2 до 0°С, в годы исследований насекомые появлялись в кроне деревьев очень рано.

Изменилось и количество генераций. Если ранее [Васильев, Лившиц, 1984] ГЛ в агроклиматических условиях

Крыма развивалась в 5-и наслаивающихся одно на другое поколениях, по нашим данным (табл. 1) с февраля по октябрь в Крыму развивается пять (2011 г.) – шесть (2012 – 2013 гг.) наслаивающихся одно на другое генераций. Такое изменение фенологии связано с увеличением количества биологически эффективного тепла. Для развития одной генерации вредителя необходима СЭТ равная 400°С [Васильев, Лившиц, 1984]. В Крыму начиная с 2011 г. СЭТ ежегодно превышает среднемноголетний показатель 1500°С на 380–400°С. Накопление биологически эффективного тепла начинается не с марта, а с середины февраля и продолжается до конца октября, что повлекло за собой увеличение продолжительности вегетационного периода на 18–22 дня и обеспечило возможность появления шестой генерации вредителя.

Таблица 1. Фенологический календарь *P. pyri*. Крым, г. Симферополь, Опытная станция садоводства, 2011–2013 гг.

Стадия онтогенеза	Генерация	Функциональная активность																																				
		месяц, декада																																				
		I			II			III			IV			V			VI			VII			VIII			IX			X									
E _{gg}	I	•																																				
	II	•																																				
	III	■	■	■	■	■																																
	IV																																					
	V																																					
	VI																																					
N _n	I																																					
	II																																					
	III																																					
	IV																																					
	V																																					
	VI																																					
I _m	I	■																																				
	II	■																																				
	III	■																																				
	IV	■																																				
	V	■																																				
	VI	■																																				

E_{gg} / • – Яйцо; N_n / □ – Нимфа; I_m / ■ – Имаго; ■ – Массовая яйцекладка; ☼ – Массовое отрождение нимф.

Сроки вылета и динамика численности различались в зависимости от районирования насаждений. Как следует из данных, представленных на рис. 2 максимальная численность яиц, отложенных самками перезимовавшего поколения, была зафиксирована в западном предгорном районе в III-ей декаде марта (34 шт./10 пог.см.), в восточном

предгорном – в середине марта (6 шт./10 пог.см.), а в центральном равнинно-степном районе – в конце февраля (14 шт./10 пог.см.), что можно объяснить более низкой относительной влажностью воздуха и отсутствием холодных туманов, характерных для предгорных зон в этот период времени.

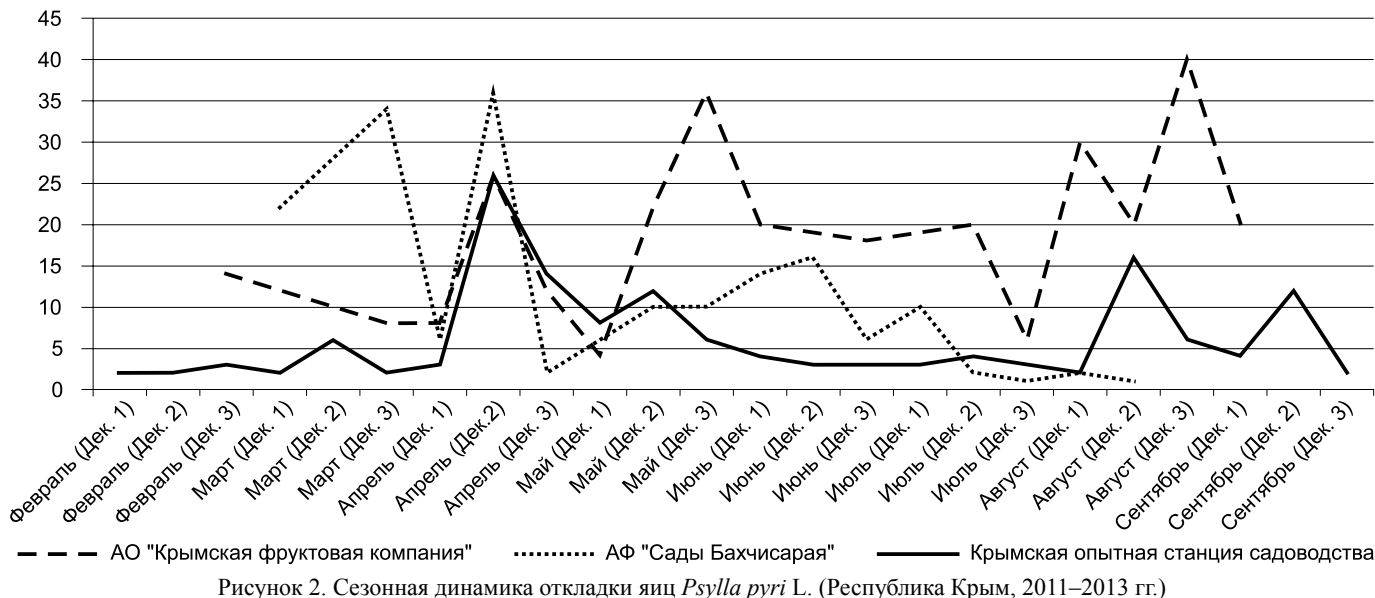


Рисунок 2. Сезонная динамика откладки яиц *Psylla pyri* L. (Республика Крым, 2011–2013 гг.)

В дальнейшем яйцекладка во всех районах продолжалась непрерывно в течение всего периода вегетации, с незначительными (1–2 дня) снижениями численности, после чего количество отложенных яиц нарастало. Наиболее выражены 4 периода резкого увеличения количества яиц *P. pyri*: II декада апреля; конец мая – I декада июня; конец июля – начало августа и середина сентября. В эти периоды численность яиц достигала 36.0–38.0 шт./10 пог. см. при отсутствии химических обработок и 4.0–5.0 шт./10 пог. см на участках с интенсивной химической нагрузкой (4,5 кг/л д.в./га). В эти же сроки наиболее целесообразно

применение регуляторов роста и развития насекомых, обладающих овицидным эффектом.

Эмбриональное развитие в зависимости от температурных условий (min 30 – max 47) продолжалось в среднем 15–20 дней. В лабораторных условиях установлено, что наиболее массовое отрождение нимф наблюдалось при 20°C и 22°C: на 5–6 сутки из 130 яиц при $t = 20^\circ\text{C}$ отродилось 78 нимф, т.е. 60 %. Максимальное количество отродившихся нимф наблюдалось при $t = 22^\circ\text{C}$ на 7-е сутки, когда из 130 яиц отродилось 80 % нимф, т.е. 96 особей (табл. 2), [Корж, Балыкина, 2013].

Таблица 2. Динамика отрождения личинок *P. pyri* (Крым, Ялта, лаборатория НБС-ННЦ, 2013 г.)

Т°С	Сутки								Всего	
	3		5		7		10		Жив	Погиб
	Жив.	Погиб.	Жив.	Погиб.	Жив.	Погиб.	Жив.	Погиб.		
12	–	17	–	21	–	2	–	18	–/58	58/58
16	–	34	13	47	9	6	17	34	39/160	121/160
18	7	3	11	–	3	4	4	7	25/39	14/39
20	26	18	8	7	11	61	–	22	44/152	108/152
22	64	73	86	44	64	114	71	87	285/683	318/683
24	13	1	41	1	32	1	38	1	124/125	1/125

В природных условиях появление нимфальных стадий ГЛ также зависело от температурных показателей и различалось в зависимости от районирования. Как свидетельствуют данные, представленные на рис. 3, первые единичные нимфы появились в середине I декады февраля (Симферопольский район), в Красногвардейском районе они зафиксированы позже, в промежутке конца марта – начала апреля, в Бахчисарайском районе – в середине апреля. Дневные температуры воздуха по данным метеопоста Крымской опытной станции садоводства в Симферопольском районе в период 18 по 30 января колебались в пределах от 8 до 13°C, в Красногвардейском районе в январе-феврале температура составляла лишь 6 – 10°C, что не способствовало развитию яиц, и появление первых нимф началось позже. В Бахчисарайском районе появление первых нимф также началось при достижении благоприятных +12° и +15°C.

В дальнейшем, на протяжении всего периода вегетации отрождение нимф во всех районах продолжалось также

непрерывно, за исключением месяца (III декада июня – III декада июля), что, по всей видимости, связано с установлением критических для вида высоких температур (37°C – 40°C) и низкой относительной влажностью (50 %) воздуха.

Также выражено 6 периодов резкого увеличения плотности популяции нимфальных стадий *P. pyri*: II декада марта; II декада апреля; II декада мая; III декада июня; I декада августа и I декада сентября. В эти периоды численность вредителя достигала 56.0–62.0 особи/10 пог. см. при отсутствии химических обработок (контроль) и 2.0–5.0 особей/10 пог. см на участках с интенсивной химической нагрузкой (4.5 кг/л д.в./га). В эти сроки наиболее целесообразно применение препаратов из группы неоникотиноидов или фосфоорганических препаратов.

Лет имаго II поколения начался в конце III-ей декады марта (27–29 марта) и продолжался до I декады июня (4–7 июня), его продолжительность составила 65 суток. Имаго III поколения были обнаружены 3–6 июня, 3–4 августа, суммарное время лета составило 64 суток. Имаго IV поко-

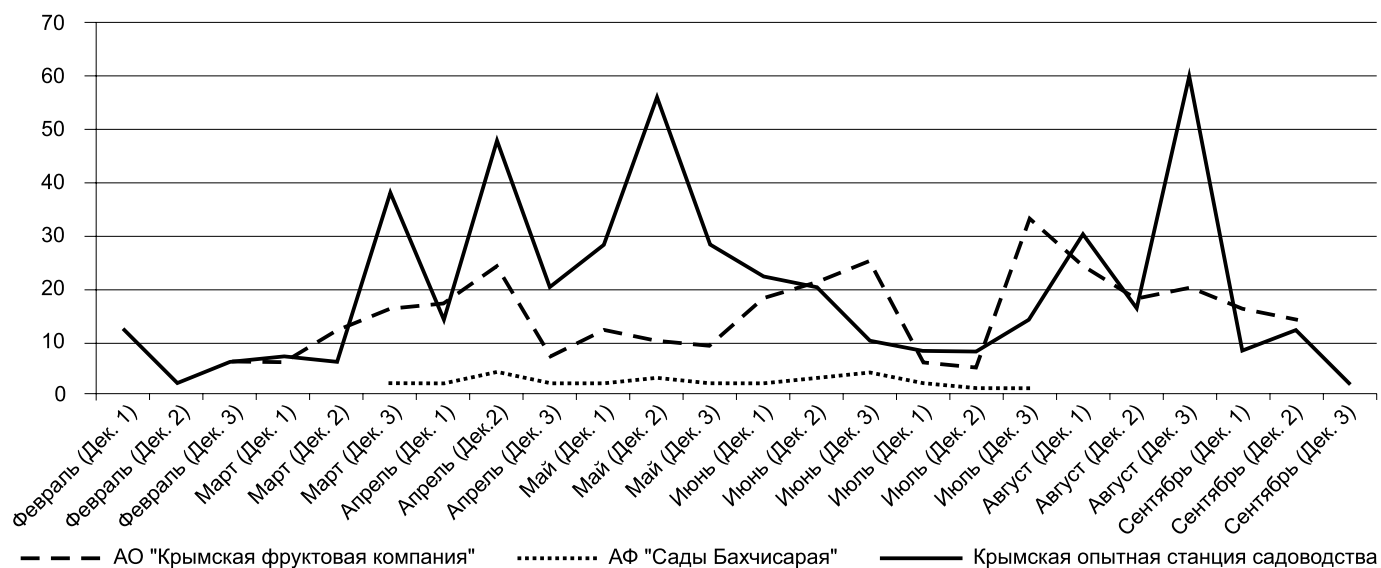


Рисунок 3. Динамика численности нимфальных стадий *P. pyri* (Республика Крым, 2011–2013 гг.)

ления вылетели 18 июля, и окончание лета было зафиксировано в 11–12 сентября, его длительность 57 суток. Имаго V поколения начали свой лет в начале II декады августа (11–13) и завершили свою жизнедеятельность к середине III декады сентября (24 сентября), продолжительность лета заняла 44 суток. VI поколение имаго вредителя появилось 13 сентября и продолжало лет вплоть до 27–29 октября, что составило 44 суток. Четкого разграничения между генерациями не выявлено, так как вылет имаго каждого последующего поколения совпадает с окончанием лета предыдущей генерации.

Таким образом, результаты наших исследований фенологии *P. pyri* в трех различных агроклиматических районах Крыма позволяют сделать следующие выводы.

Погодные условия в Крыму за последнее десятилетие изменились в сторону потепления: увеличилась СЭТ за вегетацию. При этом накопление биологически эффективного тепла начинается не с марта, а с середины февраля и продолжается до конца октября, что повлекло за собой увеличение продолжительности вегетационного периода на 18–22 дня и обусловило возможность развития дополнительной генерации вредителя.

Фенология *P. pyri* под воздействием погодных условий с конца прошлого столетия претерпела существенные изменения. В 2011–2013 гг. установлены более ранние сроки вылета имаго перезимовавшего поколения – I декада февраля, а не середина апреля. В результате удлинения вегетационного периода увеличилась СЭТ за вегетацию,

появилась VI-я генерация ГЛ, лет которой зафиксирован в сентябре – октябре месяце.

Сроки вылета, динамика численности имаго, яйцекладки и нимфальных стадий различаются в зависимости от районирования насаждений, что обусловлено различными температурно-влажностными условиями вегетационного периода. Наиболее благоприятные условия для жизнедеятельности вида складываются в центральном равнинно-степном районе Крыма с засушливой умеренно-холодной зимой, ранней весной и умеренным накоплением суммы эффективных температур.

Установлены сроки максимальной яйцекладки и максимума нимфальных стадий. Пики максимальной яйцекладки: II декада апреля; конец мая – I декада июня; конец июля – начало августа и середина сентября. В эти сроки наиболее целесообразно применение регуляторов роста и развития насекомых, обладающих овицидным эффектом. Пики максимума нимфальных стадий вредителя: II декада марта; II декада апреля; II декада мая; III декада июня; I декада августа и I декада сентября. В эти сроки наиболее целесообразно применение препаратов из группы неоникотиноидов или фосфоорганических препаратов.

Установлено, что оптимальными для эмбрионального развития вредителя являются температуры 18 – 24°C, когда наблюдается максимальное отрождение жизнеспособных нимф (до 80 %). Критические температуры для развития яиц находятся в пределах ниже 12°C и выше 28°C. При данных температурах из 75–80 % яиц отрождения не происходит.

Plant Protection News, 2015, 3(85), p. 34 – 38

PSYLLA PYRI SEASONAL POPULATION CHANGES IN THE CRIMEA

E.B. Balykina, D.A. Korzh, L.P. Yagodinskaya

Nikitskii Botanical Garden – National Scientific Centre, Yalta, Russia

Psylla pyri L. (Homoptera, Psylloidea) is the most significant phytophage in pear orchard in the Crimea from economical point of view. Annually it damages 2/3 of yield. Its population density exceeds the economical threshold of harm (5–10 specimens per 100 leaves) in 15–16 times on average and reaches 148–165 specimens per 100 leaves. Research objective was to study seasonal population changes of *P. pyri* to optimize terms of protective actions. Investigations were carried out in 2011–2013 on the territory of industrial pear orchards in three agricultural enterprises located in different agroclimatical regions of the Crimea. Data on *P. pyri* quantitative composition in orchards were obtained during special phytosanitary inspections. Surveys were carried out during the whole vegetation period since the phenological stage of pear development “latent bud” till harvesting at 7–10 days intervals. The research has shown the following results: since February till October 5–6 undivided generations develop; earlier terms of imago flight appear (concerning winter survived generation); temperature conditions influence on different stages of *P. pyri* ontogenesis; terms of maximum oviposition and maximum of nymphal stages vary; optimal terms of protective actions also vary. During this investigation the most favorable conditions were found for vital functions of this species in the central plain and steppe region of the Crimea with moderately cold winter, early spring and moderate accumulation of effective temperatures.

Keywords: *Psylla pyri*; oviposition dynamics; nymphal stage; hatching terms; weather; temperature.

Библиографический список (References)

- Балыкина Е.Б., Корж Д.А. Влияние температурных условий на эмбриональное развитие грушевой листоблошки (*Psylla pyri* L.) // Захист рослин у XXI столітті: проблеми та перспективи розвитку, 2013. с. 47–48.
- Балыкина Е.Б., Корж Д.А. Грушевая листоблошка (*Psylla pyri* L.) в садах Крыма и методы ограничения ее численности // VIII з'їзд ГО «Українське ентомологічне товариство», 2013. С. 14 – 15.
- Васильев В.П., Лившиц И.З. Вредители плодовых культур. М.: Колос, 1984. 398 с.
- Линник Л.И. Особенности размещения кладок яиц обыкновенной грушевой листоблошки (*Psylla pyri* L.) на дереве // Вестник зоологии, 1973. № 3. С. 88–89.
- Лазарев М. А. Листоблошки (*Homoptera, Psyllidae*) яблони и груши в плодовых садах Крыма. М.: Кишинев, 1972. 18 с.
- Прутко О. І. Агрокліматичний довідник по Автономній республіці Крим (1986–2005 рр.) /О. І. Прутко, Т. І. Адаменко //ЦГМ в АРК.– 2011 р.– 343 с.

Translation of Cyrillic-based References

- Balykina E.B., Korzh D.A. Influence of temperature conditions on embryonal development of *Psylla pyri* L. Zakhist roslin u XXI stolitti: problemi ta perspektivi rozvitku, 2013. P. 47–48. (In Russian).
- Balykina E.B., Korzh D.A. *Psylla pyri* L. in gardens of the Crimea and methods of its number limitation. VIII z'ezd GO «Ukraïns'ke entomologichne tovaristvo», 2013. P. 14–15. (In Russian).
- Lazarev M. A. Psyllidae (Homoptera) on apple and pear trees in orchards of the Crimea. Moscow: Kishinev, 1972. 18 p. (In Russian).
- Linnik L.I. Features of *Psylla pyri* L. egg-batch placement on tree. Vestnik zoologii, 1973. N 3. P. 88–89. (In Russian).
- Vasil'ev V.P., Livshits I.Z. Pests of fruit crops. Moscow: Kolos, 1984. 398 p. (In Russian).
- Prutko O.I., Adamenko T.I. Agroclimatic handbook for the Crimean autonomous republic (1986-2005). Simferopol: Center for Hydrometeorology in the Crimean Autonomous Republic.–2011.–343 p. (In Ukrainian).

Сведения об авторах

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, 298648, Ялта, Крым, Российская Федерация
 Балькина Елена Борисовна. Зав. лабораторией, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: e_balykina@mail.ru
 *Корж Дмитрий Александрович. Младший научный сотрудник, аспирант, e-mail: Dmitri_Korzh@ukr.net
 Ягодинская Лариса Павловна. Научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: larisayagodinskaya@mail.ru

* Ответственный за переписку

Information about the authors

Nikitskii Botanical Garden – National Scientific Centre, 298648, Yalta, Russian Federation
 Balykina Elena Borisovna. Head of Laboratory, DSc in Agriculture, e-mail: e_balykina@mail.ru
 *Korzh Dmitrii Aleksandrovich. Junior Researcher, PhD student, e-mail: Dmitri_Korzh@ukr.net
 Yagodinskaya Larisa Pavlovna. Researcher, PhD in Agriculture, e-mail: larisayagodinskaya@mail.ru

* Responsible for correspondence

УДК 632.937.3 (470.21)

ПОЛУШАРОВИДНАЯ ЛОЖНОЩИТОВКА *SAISSETIA COFFEAЕ* WALKER В ОРАНЖЕРЕЕ ПОЛЯРНО-АЛЬПИЙСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

Н.С. Рак, С.В. Литвинова

Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н.А.Аврорина, Кольский научный центр РАН, Кировск, Мурманская обл.

Представлены результаты исследований биологических особенностей *Saissetia coffeae*, акклиматизировавшейся в оранжерее Полярно-альпийского ботанического сада. Разработан метод лабораторного содержания вредителя, подобраны оптимальные кормовые растения для разведения *S. coffeae* в лабораторных условиях и оранжерее для накопления специализированных энтомофагов, выделены виды растений-резерватов, на которых формируются популяции вредителей.

Ключевые слова: инсектарий, стадии развития *Saissetia coffeae*, кормовые растения, методы борьбы.

Полушаровидная ложнощитовка – *Saissetia coffeae* впервые была обнаружена в коллекционной оранжерее Полярно-альпийского ботанического сада (ПАБСИ) в 1957 году [Новицкая, 1957] на одном виде растений, а к 2008 году вредитель заселял более 37 видов тропических и субтропических растений из 30 семейств [Рак и др., 2014а]. Поэтому возникла необходимость изучения биологических особенностей и разработка методов борьбы с *S. coffeae*.

Самки и личинки *S. coffeae* обычно поселяются рядами на черешках, стеблях, тонких ветвях, плодах и листьях вдоль жилок (рис. 1).

Тело самки *S. coffeae* представляет собой выпуклый блестящий гладкий щиток. Молодые особи желтые, взрослые – коричневые. Размножение партеногенетическое (самцов не обнаружено). В процессе яйцекладки самка покрывает яйца восковыми выделениями в виде пыли и тончайших розоватых завивающихся нитей. Постепенно полость под телом самки увеличивается, приобретает выпуклую форму, склеротизируется и становится твердой. По линии прикрепления к питающему растению появляется белая восковая полоска. Закончив яйцекладку, самка погибает. Созревание яиц происходит под телом погибшей самки. Продолжительность эмбрионального развития



Рисунок 1. *Saissetia coffeae* на *Coffea arabica* L.

определяется температурой и колеблется от 8 суток при 27°C до 13 суток при 15°C. Развитие от яйца до имаго при 15°C длится 63–76 суток, а при 27°C – 26–32. Личинки первого возраста (бродяжки) имеют выпукло-овальное розово-оранжевое тело, глаза, усики и шесть хорошо развитых ног. Бродяжки, прикрепившись к растению, начинают питаться и постепенно утрачивают ноги, усики и глаза (рис. 2).

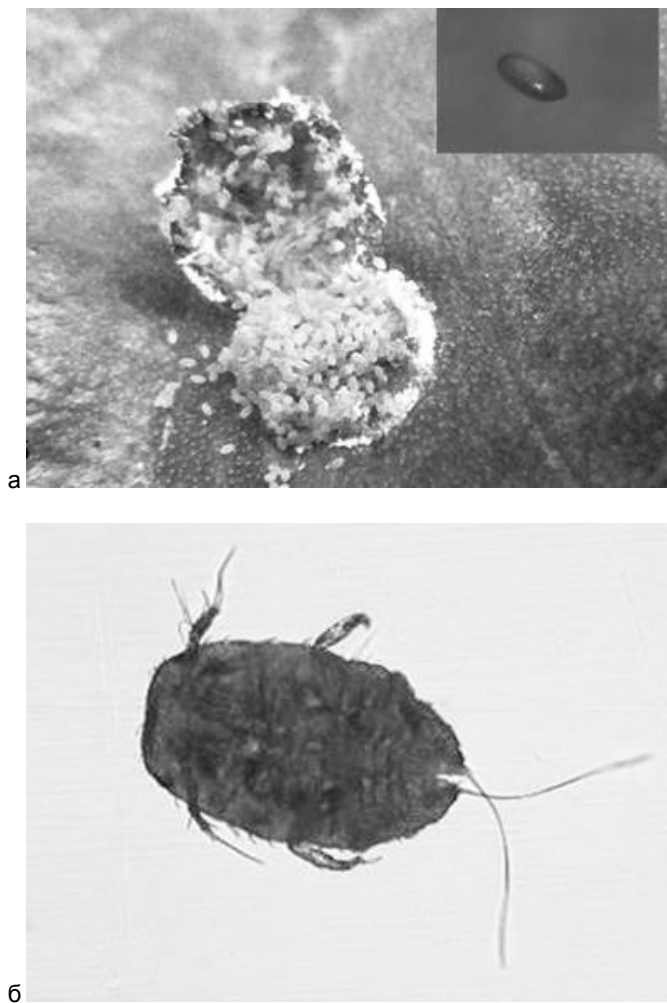


Рисунок 2. *S. coffeae*: яйца (а), бродяжка (б).

Установлено, что размеры самки *S. coffeae* и ее плодовитость зависят от кормовых растений. Эти показатели имеют наибольшую величину на *Cycas circinalis*, наименьшую – на *Coffea arabica* (табл.1). Данные в таблице представляют собой среднее арифметическое значение из 4-х биологических повторностей опытов. Достоверность различий оценивали по критерию Стьюдента на доверительном уровне $P=95\%$.

Таблица 1. Размеры и плодовитость *S. coffeae* на разных кормовых растениях

Кормовые растения	Размеры, мм	Яиц, шт. min -max
<i>Cycas circinalis</i> L.	6.8×6.0±0.07	52–420
<i>Eupatorium atrorubens</i> Nichols.	6.5×5.5±0.05	53–350
<i>Piper obumbratum</i> C. DC.	6.0×4.5±0.06	46–240
<i>Nandina domestica</i> Thunb.	3.7×3.5±0.08	42–200
<i>Vuxus sempervirens</i> L.	4.0×3.0±0.05	29–125
<i>Pittosporum undulatum</i> Vent.	4.5×4.0±0.06	47–115
<i>Coffea Arabica</i> L.	3.5×3.5±0.07	55–93

В таблице 2 дано сравнение характеристик стадий развития *S. coffeae*, полученных нами и другими исследователями. Сформировавшаяся в коллекционной оранжерее популяция по ряду признаков отличается от таковых, представленных в литературе: окраской яиц и личинок, размерами половозрелых самок, их плодовитостью. Сроки массового размножения в коллекционной оранжерее приходятся на апрель и октябрь, для средней полосы это январь и май. В оранжерее наблюдали развитие разных стадий *S. coffeae* одновременно на одних и тех же растениях. В качестве модельного растения использовали *Solanum capsicastrum*, исследования проводили в лабораторных условиях при температуре воздуха 22–24°C и относительной влажности воздуха 60–80%.

Таблица 2. Характеристика стадий развития *S. coffeae*

Стадии	[Литвинова, Рак, 2011]	[Саакян-Баранова, 1973]	[Козаржевская, 1992]	[Ахатов, Ижевский, 2004]
Яйцо: Размеры, мм	0.2±0.06×0.1±0.05	0.35×0.25	0.40×0.25	0.25×0.20
Окраска	матово-розовая	матово-фиолетовая	желто-розовая	бесцветная
Продолжительность (сутки)	8–13	21–28	4–27	12–24
Личинка-бродяжка: Размеры, мм	0.45±0.02×0.25±0.01	0.55×0.25	0.50×0.25	0.25×0.20
Окраска	оранжевая	светло-желтая	желтоватая	зеленоватая
Продолжительность (сутки)	35–50	52–68	–	45–60
Половозрелая самка: Размеры, мм	3.5–6.0×3.0–3.5	4.0×3.0	2.0–5.0×2.0–5.0	5.0×2.0
Плодовитость (яиц)	50–700	350–1000	350–2500	250–500
Массовое размножение	апрель, сентябрь, декабрь	январь, март, июнь, август, ноябрь	февраль, июль, октябрь	февраль, июнь, октябрь

Для разведения и изучения биологических особенностей *S. coffeae* проведен подбор растений. В качестве кормовых растений были испытаны *Kalanchoe blossfeldiana*, *Kalanchoe daigremontiana*, *Iresine herbstii*, *Hedera helix*, *Solanum capsicastrum*, *Coffea arabica*, *Ficus benjamina*. Установлено, что наиболее предпочитаемым кормовым растением для *S. coffeae* является *Solanum capsicastrum*. Растёт круглый год, цветет и плодоносит даже при сильном заселении кокцидами. В качестве растений-резервуаров и накопителей *S. coffeae* используются *Coffea arabica*, *Citrus limon*, которые устойчивы к высокой численности вредителя.

Разведение *S. coffeae* в инсектарии включает: 1– выращивание кормовых растений *S. capsicastrum* в течение

35–40 суток (А – посев); 2 – заселение (от 2 до 7 суток) растений личинками *S. coffeae* способом раскладывания листьев, зараженных половозрелыми самками; 3 – накопление *S. coffeae* на *S. capsicastrum* в течение 46–50 суток (Б).

В инсектарии в течение года сохраняется *S. coffeae* на всех стадиях развития.

В 2004–2009 гг. для борьбы с *S. coffeae* применялись различные методы: многократное опрыскивание листьев растений различными пестицидами по очагам; одновременное опрыскивание и пролив под корень одним препаратом. Эти мероприятия оказались малоэффективными, так как численность вредителя снижалась незначительно,

и при этом количество видов, заселяемых *S. coffeae*, к концу года неизменно сохранялось (табл. 3).

Таблица 3. Эффективность применения различных инсектицидов против *S. coffeae* в коллекционной оранжерее

Препараты	Концентрация,	Эффективность, %
Фосфамид	1% раб. раствор	4.5
ДИ-68	1% раб. раствор	6.6
Актелик	0,2% раб. раствор	7.2
Конфидор	0,2% раб. раствор	7.0
Актара	0,2% раб. раствор	30.0

Полное отсутствие в оранжерее *S. coffeae* начиная с 2010 года достигнуто благодаря применению метода пролива растений под корень баковой смесью (два химических препарата разного спектра действия + минеральная подкормка) только один раз в год в период массового размножения вредителя, которое наблюдается в начале активного роста растений (апрель-май), в то время, когда личинки и самки *S. coffeae* интенсивно питаются. Наибольшую эффективность показали следующие смеси инсектицидов: актеллик + конфидор; ДИ-68 + актара; актеллик + актара.

Полушаровидная ложнощитовка, завезенная с посадочным материалом и выявленная в 1957 г. на *Nephrolepis cordifolia* (L.), к 2008 году полностью акклиматизировалась и приобрела статус первостепенного вредителя. Наиболее избираемыми оказались растения из семейств Acanthaceae, Arosynaceae, Araceae, Araliaceae, Asparagaceae, Davalliaceae, Euphorbiaceae, Myrtaceae, Pittosporaceae, Rubiaceae, Solanaceae. Анализ пищевых предпочтений *S. coffeae* позволил выявить виды растений, на которых в основном происходит их накопление. Эти растения служат индикаторами, сигнализирующими о появлении и массовом размножении вредителя в оранжерее. Предпочитаемыми растениями *S. coffeae* являются *Agave victoriae-reginae* Moore., *Asparagus densiflorus* cv. Spreng-

eri, *Asparagus asparagoides* (L.) Wight., *Buxus sempervirens* L., *Codieum variegatum* (L.), *Cycas revoluta* Thunb., *Coffea arabica* L., *Dieffenbachia maculata* (Lodd.) G. Don. cv. Marianne., *Fatsyrdra lizei* (Cochet) Guillatum., *Fatsyrdra lizei* (Cochet) Guillatum., *Ilex cornuta* Lindl., *Nandina domestica* Thunb., *Pachystachya lutea* Nees., *Pittosporum crassifolium tobira* (Thunb) Ait., *Pittosporum crassifolium revolutum* Ait., *Pittosporum crassifolium* Banks et Soland ex A. Cunn. В таблице 4 представлена многолетняя динамика заселения оранжерейных растений *S. coffeae*.

Таблица 4. Годичная динамика заселения оранжерейных растений *S. coffeae*

Годы	Число видов оранжерейных растений											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2004	14	13	15	21	18	14	14	23	14	16	16	17
2005	18	16	20	20	20	19	19	16	17	16	16	16
2006	16	16	15	20	19	15	17	19	18	20	22	23
2007	24	25	25	24	24	21	19	18	19	20	24	24
2008	25	30	35	33	37	37	32	25	18	19	19	22
2009	24	26	26	26	25	20	17	12	10	6	6	6
2010	6	5	5	5	4	4	2	2	1	–	–	–
2011–2014	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Примечание: прочерк – отсутствие вредителя

В условиях коллекционной оранжереи ПАБСИ сформировалась популяция *S. coffeae*, которая по некоторым показателям отличается от таковых, упоминаемых в литературе. Вредитель развивается круглый год в 5–6 поколениях. Размеры самки *S. coffeae* и ее плодовитость зависят от кормовых растений. Эти показатели имеют наибольшую величину на *Cycas circinalis*, наименьшую – на *Coffea Arabica*. Представлен способ размножения и сохранения *S. coffeae* в биокамерах инсектария на кормовых растениях *S. capsicastrum* для подбора, интродукции, содержания и разведения культур специализированных энтомофагов.

Plant Protection News, 2015, 3(85), p. 38 – 41

HEMISPHERICAL SCALE *SAISSETIA COFFEA* IN GREENHOUSE OF THE POLAR-ALPINE BOTANICAL GARDEN-INSTITUTE

N.S. Rak, S.V. Litvinova

Polar-Alpine Botanical Garden-Institute, Kola Science Center, Kirovsk, Russia

The biology of *Saissetia coffeae* Walker was studied in insectarium and greenhouse of the Polar-Alpine Botanical Garden-Institute. The *S. coffeae* characteristics of developmental stages, biological features, host plants and food plants were determined. The *S. coffeae* population formed in the local greenhouse had some characteristics differing from those described in literature.

Keywords: insectarium; development stage; *Saissetia coffeae*; fodder plant; control method.

Библиографический список (References)

- Ахатов А.К., Ижевский С.С. (ред.). Вредители тепличных и оранжерейных растений (морфология, образ жизни, вредоносность, борьба). М.: 2004. 307 с.
- Козаржевская Э.Ф. Вредители декоративных растений. М.: 1992. 358 с.
- Новицкая Л.А. Вредители декоративных растений Мурманской области // Декоративные растения и озеленение Крайнего Севера. М.-Л.: 1957. С. 12–18.
- Рак Н.С., Литвинова С.В., Напарьева М.В. Мониторинг вредителей из подотряда Coccinea в коллекционной оранжерее Полярно-альпийского ботанического сада // 2014a, Hortus bot., [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://hb.karelia.ru/>
- Саакян-Баранова А.А. Полушаровидная щитовка *Saissetia hemisphaerica* (Trag.) (Homoptera, Coccoidea) в оранжереях // Бюлл. ГБС АН СССР. 1973, Вып. 78, С. 92–100.
- Литвинова С.В., Рак Н.С. Кокциды – вредители тропических и субтропических растений в оранжереях Полярно-альпийского ботанического сада-института им. Н.А. Аврорина // Ботанические сады в современном мире: теоретические и прикладные исследования Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Апатиты, 2011. С. 416–419.

Translation of Russian References

- Akhatov A.K., Izhevskii S.S. (Eds.). Pests of greenhouse and hothouse plants (morphology, mode of life, harmfulness, control). Moscow: 2004. 307 p. (In Russian).
- Kozarzhenskaya E.F. Pests of ornamental plants. Moscow: 1992. 358 p. (In Russian).

Litvinova S.V., Rak N.S. Coccidae – pests of tropical and subtropical plants in greenhouses of Polar-Alpine botanical garden-institute. In: *Botanicheskie sady v sovremenном mire: teoreticheskie i prikladnye issledovaniya Vseros.nauch. konf. s mezhdunar. uchastiem. Apatity, 2011. P. 416–419. (In Russian).*

Novitskaya L.A. Pests of ornamental plants of the Murmansk region. In: *Dekorativnye rasteniya i ozelenenie Krainego Severa. Moscow-Leningrad: 1957. P. 12–18. (In Russian).*

Rak N.S., Litvinova S.V., Napareva M.V. Monitoring of pests of suborder Coccinea in greenhouse collection of Polar-Alpine Botanical Garden. *Hortus bot.*, 2014: <http://hb.karelia.ru/> (In Russian).

Saakyan-Baranova A.A. *Saissetia hemisphaerica* (Homoptera, Coccoidea) in greenhouses. *Byull. GBS AN SSSR. 1973, Vyp.78, p. 92–100. (In Russian).*

Сведения об авторах

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина Кольского научного центра Российской академии наук, 184256 Мурманская обл. г. Кировск, ул. Комсомольская 9–11, Российская Федерация
Рак Наталья Семеновна. Старший научный сотрудник, доктор биологических наук, доцент, e-mail: rakntlj@rambler.ru

**Литвинова Светлана Васильевна.* Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: litvinvasvetlana203@rambler.ru

* Ответственный за переписку

Information about the authors

Polar-Alpine Botanical Garden-Institute, Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, Komsomolskaya 9–11, 184256 Kirovsk, Murmansk Region, Russian Federation

Rak Nataliya Semenovna, Senior Researcher, DSc in Biology, e-mail: rakntlj@rambler.ru

**Litvinova Svetlana Vasilievna,* Senior Researcher, PhD in Biology, e-mail: litvinvasvetlana203@rambler.ru

* Responsible for correspondence

УДК 633.1:632.913

КОМПЛЕКСНАЯ ВРЕДНОСТЬ ВРЕДНЫХ ОРГАНИЗМОВ НА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

А.М. Шпанев

*Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург,
Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

По данным учетов вредных видов и состояния культурных растений на постоянных площадках проведена оценка комплексной вредности вредителей, болезней и сорных растений в посевах яровой пшеницы в Ленинградской области. Определены коэффициенты вредоспособности основных вредных видов, которые используют для научно-обоснованного принятия решений о проведении оперативных защитных мероприятий. Потери урожая от деятельности всего комплекса вредных организмов (без учета корневых гнилей) по среднемноголетним данным фитосанитарного состояния посевов яровой пшеницы составили 7 ц/га, или 18.2%. Наибольшее хозяйственное значение в регионе имеют сорные растения и листовые болезни, в отношении которых в большинстве случаев целесообразно проведение защитных обработок.

Ключевые слова: яровая пшеница, Ленинградская область, фитосанитарная обстановка, комплексная вредность, потери урожая, коэффициенты вредоспособности.

Оценка вредности вредителей, болезней и сорных растений сложная и крайне важная проблема в защите растений, имеющая большое фундаментальное и прикладное значение. Ее решение позволяет установить потери урожая и определить коэффициенты вредоспособности, которые в дальнейшем используются в расчетах критериев проведения защитных мероприятий. При этом только комплексная оценка вредности учитывает взаимодействие влияний вредных видов на формирование урожая,

что позволяет получить точное значение каждого из них и всего комплекса, характерного для агробиоценоза определенной культуры [Зубков, 1989, 1995; Шпанев, 2003, 2005; Зубков и др., 2005]. Оценка комплексной вредности (ОКВ) вредителей, болезней и сорных растений на яровой пшенице в Ленинградской области ранее не проводилась. Однако в перечне разработок по совершенствованию системы защиты культуры в регионе они становятся особенно актуальными.

Методика исследований

Исследования проводились на посевах яровой пшеницы Менковского филиала АФИ, расположенного в Гатчинском районе Ленинградской области, в период 2010–2014 годов. Посевы яровой пшеницы размещались по основному для данного региона предшественнику – картофелю. Под посев вносились аммиачная селитра из расчета 90 кг д.в./га. Изучали ряд сортов, включенных в Государственный реестр селекционных достижений и допущенных к возделыванию в Северо-Западном регионе. В 2010–2011 гг. это был сорт Красноуфимская 100, в 2012 г. – Эстер, в 2013–2014 гг. – Дарья. Отдельного рассмотрения и ОКВ вредных видов заслуживает 2011 г., когда норма высева яровой пшеницы была занижена в 2 раза.

Согласно методике А.Ф. Зубкова [1981] все учеты вредных видов и состояния культурных растений велись на постоянных учетных площадках 0.1 м², устанавливаемых в фазу всходов яровой пшеницы и находящихся в посевах уборки урожая. Ежегодно использовалось по 48 площадок. Данная методика ОКВ не предполагает учет корневых гнилей в течение вегетации яровой пшеницы путем изъятия растений с постоянных площадок, что не позволяет в полной мере оценивать их вредность. При статистической обработке данных полевых учетов использовались дисперсионный, корреляционный, множественно-регрессионный и детерминационный анализы.

Результаты исследований

Данные многолетних учетов на постоянных площадках позволяют делать обобщения по фитосанитарной обстановке, складывающейся в посевах яровой пшеницы, и по тому, как проходит развитие культуры и за счет каких элементов формируется урожайность.

По нашим данным, при оптимальной норме высева семян густота всходов яровой пшеницы составляет 517–627 шт./м², в фазу кущения на единице площади посева насчитывается от 596 до 729 стеблей/м². Коэффициент кущения обычно составляет 1.1. К уборке урожая общая густота стеблестоя несколько снижается. В 2011 году при заниженной в 2 раза норме высева яровой пшеницы густота всходов составила 288 шт./м², густота стеблей в фазу кущения культуры – 353 шт./м², коэффициент кущения – 1.25.

Урожайность яровой пшеницы по годам исследований изменялась в пределах 24–33 ц/га, густота продуктивного стеблестоя – 322–595 шт./м², число зерен в колосе – 19–23 шт., масса 1000 зерен – 30.8–36.6 г (табл. 1). Детерминационный анализ показал, что урожайность яровой пшеницы определялась главным образом продуктивностью растений (53%) и густотой продуктивного стеблестоя (45%). Значительно меньшее участие в формировании урожая отводилось таким показателям, как масса 1000 зерен (14%) и число зерен в колосе (4%).

Таблица 1. Элементы структуры урожая яровой пшеницы в Ленинградской обл., 2010–2014 гг.

Признаки	Ед. изм.	2010	2011	2012	2013	2014	\bar{x}
Урожайность	ц/га	31.9	23.6	26.7	36.3	33.1	30.1
Густота продуктивного стеблестоя	шт./м ²	488	322	471	595	471	467
Число зерен в колосе	шт./колос	19.6	19.3	19.6	19.4	23.2	20.1
Масса зерна колоса	г/колос	0.66	0.71	0.60	0.62	0.71	0.66
Масса 1000 зерен	г	33.5	36.6	30.3	31.5	30.8	32.7
Длина колоса	см	7.2	6.7	8.1	6.6	6.7	7.1
Высота стебля при уборке	см	98	67	100	83	84	88

Засоренность посевов яровой пшеницы варьировала в пределах 260–420 экз./м² или 10–15% проективного покрытия в фазу кущения культуры. В 2011 г. под влиянием уменьшенной нормы высева и высокой исходной засоренности поля в посеве насчитывалось 729 экз./м² сорных растений, а проективное покрытие составило 27.5%.

Преобладающей группой сорных растений в посевах яровой пшеницы являлись однолетние двудольные виды. На их долю приходилось (не менее 96% от общей численности) Наиболее высокие показатели численности и встречаемости были присущи мари белой, пастушьей сумке, звездчатке средней. К распространенным видам также относятся торица полевая, дымянка аптечная, пикульники, ярутка полевая и фиалка полевая. Среди многолетних сорных растений по обилию и частоте встречаемости лидировал осот полевой. Значительно меньшей численностью были представлены мята полевая, бодяк щетинистый и пырей ползучий. Средняя плотность многолетников не превышала 10 экз./м² и только в 2011 г. она оказалась равной 26 экз./м².

Из вредителей потенциальную опасность для яровой пшеницы представляют личинки жуков щелкунов, швед-

ские мухи и злаковые тли. Проволочники присутствовали на всех полях, что связано с особенностью предшественника и наличием в севообороте многолетних трав. Однако только в двух случаях уровень заселенности пахотного горизонта превысил ЭПВ равный на зерновых культурах 10–12 экз./м².

Среднемультилетняя поврежденность стеблей яровой пшеницы шведскими мухами составила 1.8%. В 2014 г. (с прохладной погодой мая) доля поврежденных стеблей в посеве возросла до 3.6%.

Среди тлей наибольшую опасность для яровой пшеницы в регионе представляет черемухово-злаковая, для которой характерно раннее заселение растений и нанесение вреда в первой половине вегетации культуры. Развитие большой злаковой и обыкновенной злаковой тлей приурочено к более поздним фазам фенологии культуры. В фазу налива зерна этими видами заселяется 2–11% стеблей при численности 1.8–3.5 особи/стебель, или 27–185 экз./м².

Второстепенными фитофагами яровой пшеницы в условиях области являются полосатая хлебная блошка, пьявицы, минирующая муха, листовые пилильщики, обыкновенная зерновая совка. В отношении первых четырех видов на это указывают среднемультилетние значения поврежденности листьев. Полосатой хлебной блошкой повреждалось менее 10% всходов с интенсивностью 5%. Суммарная доля поврежденных листьев всех ярусов личинками пьявиц и минирующих мух не превысила 2%, гусеницами листовых пилильщиков – 1%. Значительно более высокая поврежденность листьев личинками пьявиц и минирующих мух была зафиксирована в 2012 году, когда в непосредственной близости с посевом яровой пшеницы размещались поля многолетних трав. Тогда ими оказалось повреждено 3% флаговых листьев. Слабая поврежденность зерен обыкновенной зерновой совкой в посевах яровой пшеницы обусловлена низкой численностью вредителя в регионе.

Листовые болезни ежегодно проявлялись в слабой или умеренной степени. Развитие мучнистой росы, септориоза и бурой ржавчины на двух верхних листьях в фазу налива зерна пшеницы составляло 1–5% при распространенности 10–20%. В 2010 году в посеве яровой пшеницы была обнаружена спорынья. Доля склероциев в общей массе зерна составила 0.02%.

Кроме фитофагов, возбудителей болезней и сорных растений в посевах яровой пшеницы ежегодно выявлялись стебли (не более 1%) уничтоженные мышевидными грызунами. ОКВ предваряет принятие модели, соответствующей выявленному составу вредных видов. Основываясь на знаниях их биологии и имеющихся в литературе данных, все вредные объекты подразделены на две группы по оказываемому воздействию на растения.

К первой группе отнесены виды, которые в связи с особенностями и сроками проявления вреда, способны повлиять на все или большинство элементов структуры урожая. Это полосатая хлебная блошка, шведские мухи, сорные растения, спорынья и мышевидные грызуны.

Вредные объекты второй группы способны повлиять на урожайность только путем изменения массы зерновки. К ним относятся личинки пьявиц, минирующей мухи, листового пилильщика, злаковые тли, обыкновенная зерно-

вая совка, листовые болезни.

Первое представление о роли вредных объектов в формировании урожая яровой пшеницы дает анализ корреляционной матрицы. Так, была выявлена отрицательная связь между урожайностью и повреждением стеблей шведскими мухами, личинками пядиц и минирующих мух, поражением листовыми болезнями, численностью и проективным покрытием сорных растений (табл. 2).

По коэффициентам корреляции также просматривается избирательность у вредных видов по отношению к состоянию посева и культурных растений. Например, повреждение стеблей личинками шведских мух а листьями личинками пядиц и минирующих мух чаще наблюдалось на постоянных площадках с изреженным стеблестоем ($r = -0.11, -0.12$ и -0.17). Здесь же отмечались более высокие показатели развития бурой ржавчины ($r = -0.20$). Выявлена отрицательная связь между высотой растений

пшеницы на площадках, развитием мучнистой росы и септориоза ($r = -0.31$ и -0.27).

Искажающее влияние избирательности на показатели вредоносности объектов хорошо известно [Шпанев, Голубев, 2008, 2009]. Согласно методике, оно будет устранено статистическим путем, за счет включения в уравнение множественной регрессии сопутствующих признаков культуры независимых от вредных видов. В качестве таковых для 1 группы объектов выступают густота и высота стеблей в фазу кущения яровой пшеницы, а также общая фитомасса растений при уборке урожая, для 2 группы объектов – густота и высота стеблей культуры в фазу налива зерна и общее число зерен с постоянной площадки.

Последствия процедуры элиминирования избирательности можно видеть в изменении стандартизированных коэффициентов регрессии в сравнении с парными коэффициентами корреляции (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика вредных организмов и их влияние на урожайность яровой пшеницы (Ленинградская обл., 2010, 2012–2014)

Вредные объекты	Показатели	\bar{x}	$r_{ок}$	$P_{ок,г}$
Шведские мухи	поврежденность стеблей, %	1.8	-0.13	-0.09
Полосатая хлебная блошка	поврежденность листьев, %	6.6	.15	.10
	общая степень повреждения, %	0.3	.15	.10
Пядицы (личинки)	поврежденность флагового листа, %	1.2	-0.06	-0.03
	общая степень повреждения, %	0.19	-0.08	-0.03
	поврежденность 1 подфлагового листа, %	0.3	-0.05	-0.01
	общая степень повреждения, %	0.03	-0.02	-0.01
Минирующие мухи	поврежденность флагового листа, %	1.2	-0.08	-0.04
	общая степень повреждения, %	0.11	-0.06	-0.03
	поврежденность 1 подфлагового листа, %	0.7	.13	.03
	общая степень повреждения, %	0.04	.11	.03
Листовой пилильщик	поврежденность флагового листа, %	0.4	.07	-0.03
	общая степень повреждения, %	0.08	.08	-0.02
	поврежденность 1 подфлагового листа, %	0.5	-0.09	.01
	общая степень повреждения, %	0.07	-0.03	.01
Злаковые тли	заселенность стеблей, %	6.5	.04	-0.02
	численность, экз./м ²	8.9	.11	-0.03
Обыкновенная зерновая совка	поврежденность зерен, %	0.03	.07	.03
	общая степень повреждения, %	0.01	.08	.03
Мышевидные грызуны	уничтожено стеблей, %	0.8	.05	-0.12
Мучнистая роса	пораженность флагового листа, %	16.4	-0.02	-0.12
	развитие, %	1.8	-0.14	-0.14
	пораженность 1 подфлагового листа, %	16.5	.003	-0.12
	развитие, %	3.1	-0.09	-0.14
Септориоз	пораженность флагового листа, %	18.7	-0.04	-0.03
	развитие, %	1.5	-0.08	-0.05
	пораженность 1 подфлагового листа, %	25.2	.11	-0.02
	развитие, %	4.7	.11	-0.06
Бурая ржавчина	пораженность флагового листа, %	25.2	-0.02	-0.05
	развитие, %	1.3	.03	-0.02
	пораженность 1 подфлагового листа, %	1.6	-0.11	-0.04
	развитие, %	0.1	-0.10	-0.04
Спорынья	пораженность зерен, %	0.01	-0.03	-0.21
Сорные растения всего	густота, экз./м ²	32.7	.08	.03
	проективное покрытие, %	14.8	.05	-0.03
Многолетние двудольные сорные растения	густота, экз./м ²	0.6	-0.08	-0.05
	проективное покрытие, %	0.4	-0.12	-0.08
Однолетние двудольные сорные растения	густота, экз./м ²	32.0	-0.03	-0.02
	проективное покрытие, %	14.4	-0.11	-0.11

*Коэффициенты существенны при $P \geq 0.95$. \bar{x} – средняя, $r_{ок}$ и $P_{ок,г}$ – здесь и далее внутригрупповые коэффициенты парной корреляции и частной стандартизированной регрессии, X_k – признаки вредных объектов, X_L – сопутствующие признаки культуры.

Значение вредных видов окончательно проявляется только по итогам расчета уравнений множественной регрессии, оценивающих комплексную вредоносность. При этом учтенным окажется еще один фактор, способный повлиять на оценки показателей вредоносности, – это возможное взаимодействие между вредными организмами при совместном их влиянии на растения яровой пшеницы.

В итоговые уравнения множественной регрессии включаются только основные вредные виды, характеризующиеся заметным обилием в период исследований и иллюстрирующие на предварительном этапе расчетов устойчивую отрицательную связь с урожайностью культу-

ры. Именно поэтому в уравнении отсутствуют полосатая хлебная блошка, листовая пилильщик и спорынья.

Итак, по результатам ОКВ вредных организмов на яровой пшенице общие потери урожая зерна (без учета корневых гнилей) оказались равными 7.0 ц/га, или 18.2% от потенциальной, рассчитанной по уравнению урожайности в 39 ц/га (табл. 3). Наибольшее хозяйственное значение в регионе имеют листовые болезни и сорные растения, на долю которых приходится 3.2 (8.2%) и 2.7 (7.1%) ц/га потерь урожая. Недобор урожая от деятельности вредных насекомых составляет 0.7 ц/га (1.8%), мышевидных грызунов – 0.2 ц/га (0.6%).

Таблица 3. Оценка комплексной вредоносности вредных организмов на яровой пшенице (Ленинградская обл., 2010, 2012–2014)

Вредные организмы	Показатели вредных организмов	Расчетные показатели						
		\bar{x}_k	$r_{ok.kL}$	$b_{ok.kL}$	b_{x_k}	$B_{\%}$	$B_{\%} \bar{x}_k$	
1 группа (X_L – признаки: густота и высота стеблей культуры в фазу кущения, общая фитомасса растений при уборке)		Частная детерминация ($d_{ok.kL}$) = 0.047						
Шведские мухи	поврежденность стеблей, %	1.8	–.08	–.249	–.45	–.64	–1.15	
Многолетние двудольные сорные растения	проективное покрытие, %	0.4	–.07	–.361	–.14	–.93	–.37	
Однолетние двудольные сорные растения	проективное покрытие, %	14.4	–.12*	–.180	–2.59	–.47	–6.77	
Мышевидные грызуны	уничтожено стеблей, %	0.8	–.11*	–.273	–.22	–.71	–.57	
2 группа (X_L – признаки: густота и высота стеблей культуры в фазу налива зерна, количество зерен на постоянной площадке)		Частная детерминация ($d_{ok.kL}$) = 0.010						
Пьявицы (личинки)	поврежденность	флагового листа, %	1.2	–.04	–.092	–.11	–.24	–.29
		1 подфлагового листа, %	0.3	.001	–	–	–	–
Минирующая муха	поврежденность	флагового листа, %	1.2	–.04	–.116	–.14	–.30	–.36
		1 подфлагового листа, %	0.7	.004	–	–	–	–
Злаковые тли	заселенность стеблей, %	6.5	–.02	–.029	–.19	–.07	–.46	
Мучнистая роса	пораженность	флагового листа, %	16.4	–.07*	–.075	–1.23	–.19	–3.12
		1 подфлагового листа, %	16.5	–.08*	–.060	–.99	–.16	–2.64
Септориоз	пораженность	флагового листа, %	18.7	–.02	–.019	–.36	–.05	–.94
		1 подфлагового листа, %	25.2	.001	–	–	–	–
Бурая ржавчина	пораженность	флагового листа, %	25.2	–.02	–.023	–.58	–.06	–1.51
		1 подфлагового листа, %	1.6	.002	–	–	–	–
Комплекс вредных организмов					7.0		18.2	
					ц/га		%	

*Коэффициенты существенны при $P \geq 0.95$. \bar{x}_k – средняя, $r_{ok.kL}$ и $b_{ok.kL}$ – внутригрупповые стандартизированный и натуральный коэффициенты регрессии, X_k – признаки вредных объектов, X_L – сопутствующие признаки культуры, $B_{\%}$ – коэффициент вредоспособности, b_{x_k} и $B_{\%} \bar{x}_k$ – абсолютные и относительные потери урожая.

Для основных вредных видов определены коэффициенты вредоспособности, которые включают в расчеты ЭПВ, характеризующие целесообразность применения средств защиты растений. Так, 1% проективного покрытия многолетними двудольными сорными растениями в фазу кущения яровой пшеницы снижает урожай на 0.36 ц/га (0.93%), однолетними двудольными – 0.18 ц/га (0.47%). Вредоносность мучнистой росы, проявляющейся на растениях раньше других листовых болезней, выше чем септориоза и бурой ржавчины. К снижению урожая приводит поражение мучнистой росой не только флагового, но и 1-го подфлагового листа.

Сходным образом проведена ОКВ вредных организмов на яровой пшенице в отдельные годы. Оказалось, что потери урожая от всего комплекса вредных видов варьировали по годам в пределах 8–23%, в том числе от сорной растительности – 4–18%, болезней – 0.1–9.0%, вредителей – 0.1–2.0% (табл. 4). Стабильно высокий вред культуре в регионе причиняли сорные растения. Вред от многолет-

них двудольных сорных растений сильнее всего проявился в 2011 г., когда наблюдались самые высокие показатели их проективного покрытия и коэффициента вредоспособности (табл. 5). При этом потери урожая составили 5.5%. Вредоспособность однолетних видов сорных растений по годам изменялась в пределах 0.37–0.59% снижения урожая от 1% проективного покрытия в фазу кущения яровой пшеницы.

Хозяйственно ощутимые потери урожая от листовых болезней наблюдались только дважды за 5 лет. В комплексе листовых болезней наблюдалось ежегодное перераспределение вклада мучнистой росы, септориоза и бурой ржавчины в формирование урожая яровой пшеницы. Самую стабильную вредоносность имел септориоз, коэффициенты его вредоносности изменялись от –0.06 до –0.21% снижения урожая в пересчете на 1% пораженных флаговых листьев. Потери урожая составляли 1.0–2.2% и только в 2011 г. – 0.1%. Сильный вред от мучнистой росы проявился только в 2014 г., когда недобор урожая от болезни

достиг 7.5%. В годы с благоприятными погодными условиями для развития бурой ржавчины потери урожая пшеницы достигают 7%. Такая ситуация наблюдалась лишь в 2012 году.

По результатам ОКВ вредных организмов проявилась их роль в формировании урожая яровой пшеницы в Ленинградской области. Наибольшее хозяйственное значение здесь имеют сорные растения, в отношении которых в большинстве случаев целесообразно проведение защитных обработок. При этом целевыми объектами гербицидных обработок чаще всего являются однолетние двудольные сорные растения. Реже возникает необходимость в применении средств защиты растений от листовых болезней. Не причиняют существенного вреда яровой пшенице вредные насекомые. Против них не требуется проведение защитных мероприятий.

Определены среднесезонные коэффициенты вредоносности основных вредных видов, которые с учетом данных текущей фитосанитарной обстановки позволяют прогнозировать потери урожая на момент принятия решений о проведении защитных обработок.

Plant Protection News, 2015, 3(85), p. 41 – 45

COMPLEX HARMFULNESS OF PEST ORGANISMS ON SPRING WHEAT IN LENINGRAD REGION

A.M. Shpanev

An assessment of complex harmfulness of pests, diseases and weed plants in crops of spring wheat in the northwest of Russia was carried out after accounting pest species and state of cultural plants on constant plots. Coefficients of harming ability of the main pest species are defined, which can be used for scientifically based operational protective measures. Yield losses of spring wheat from activity of the whole complex of pest organisms (without root rots) was 0.7 t/hectare, or 18.2%, on average. In the Leningrad Region, weed plants and leaf diseases have the greatest economic value, needing usually control measures.

Keywords: spring wheat; Leningrad region; phytosanitary situation; complex harmfulness; yield loss; coefficient of harming ability.

Библиографический список (References)

- Зубков А.Ф. Методические указания по оценке вредоносности комплекса вредных организмов при помощи путевого регрессионного анализа. Л.: 1981. 32 с.
- Зубков А.Ф. Биоценологическая оценка комплексной вредоносности организмов на полевых культурах. / Сельскохозяйственная биология. 1989. N 3. С. 114–123.
- Зубков А.Ф. Агробиоценологическая фитосанитарная диагностика. СПб.: 1995. 386 с.
- Зубков А.Ф., Шпанев А.М., Жуков В.Н. Комплексная вредоносность сорняков, вредителей и болезней культур полевого севооборота юго-востока ЦЧП России. СПб., 2005. 72 с.

Таблица 4. Потери урожая (%) яровой пшеницы от вредных организмов

Годы	Сорные растения	Вредители	Листовые болезни	Итого
2010	3.6	1.6	2.5	7.7
2011	18.2	0.2	0.1	18.5
2012	7.6	0.4	9.4	17.3
2013	7.9	0.1	1.7	9.6
2014	12.4	1.9	8.8	23.1

Таблица 5. Коэффициенты вредоносности (В%) основных вредных объектов яровой пшеницы

Годы	Сорные растения		Листовые болезни		
	многолетние двудольные	однолетние двудольные	мучнистая роса	септориоз	бурая ржавчина
2010	-1.63	-0.37	-0.80	-0.06	-0.18
2011	-2.29	-0.55	-	-0.21	-
2012	-1.89	-0.51	-0.11	-0.08	-0.08
2013	-0.68	-0.59	-	-0.09	-0.12
2014	-	-0.45	-0.19	-0.14	-0.30

Translation of Russian References

- Shpanev A.M. Assessment of losses of winter wheat crop from complex of harmful objects taking into account their joint influence. *Sovremennye sistemy zashchity rasteniy ot bolezney i perspektivy ispol'zovaniya dostizhenii biotekhnologii i gennoi inzhenerii*. Golitsyno. 2003. P. 29. (In Russian).
- Shpanev A.M. Biocenotic characteristics of millet crops in the southeast of Central Chernozem stripe. St. Petersburg, 2005. 100 p. (In Russian).
- Shpanev A.M., Golubev S.V. Biocenosis of pea field in the Stone Steppe (southeast of Central Chernozem stripe). St. Petersburg, 2009. 147 p. (In Russian).
- Shpanev A.M., Golubev S.V. Biocenosis of winter grain crops (southeast of Central Chernozem stripe). St. Petersburg, 2008. 284 p. (In Russian).

- Шпанев А.М. Оценка потерь урожая озимой пшеницы от комплекса вредных объектов с учетом их совместного влияния. / *Современные системы защиты растений от болезней и перспективы использования достижений биотехнологии и геной инженерии*. Голицыно. 2003. С. 29.
- Шпанев А.М. Биоценологическая характеристика посевов проса юго-востока ЦЧП. СПб., 2005. 100 с.
- Шпанев А.М., Голубев С.В. Биоценоз озимых зерновых культур (юго-восток ЦЧЗ). СПб., 2008. 284 с.
- Шпанев А.М., Голубев С.В. Биоценоз горохового поля в Каменной Степи (юго-восток ЦЧЗ). СПб., 2009. 147 с.

Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург – Пушкин, Российская Федерация
Шпанев Александр Михайлович. Зав. сектором, доктор биологических наук, e-mail: ashpanev@mail.ru

Information about the author

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg – Pushkin, Russian Federation
Shpanev Aleksandr Mikhailovich. Head of Sector, DSc in Biology, e-mail: ashpanev@mail.ru

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВОЗБУДИТЕЛЯ БЕЛОСОЛОМЕННОЙ ГНИЛИ ПШЕНИЦЫ (*GIBELLINA CEREALIS*) МЕТОДОМ ПЦР

Н.С. Пильщикова, Ф.Б. Ганнибал

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Вредоносное заболевание пшеницы – белосоломенная гниль (гибеллиоз) в последние годы получило более широкое распространение в Предкавказье. Диагностика вызываемого *Gibellina cerealis* заболевания затруднена, так как на начальных этапах оно имеет симптомы, сходные с поражением некоторыми другими патогенами. Альтернативой традиционным методам диагностики являются молекулярно-генетические методы. Цель нашего исследования – разработать основанный на полимеразной цепной реакции (ПЦР) метод идентификации возбудителя белосоломенной гнили зерновых культур в чистой культуре и в растительной ткани. Для этого были секвенированы ITS области рибосомального оперона и ген β -тубулина *G. cerealis*. Анализ нуклеотидных последовательностей подтвердил родство рода *Gibellina* с родом *Gaeumannomyces* и другими представителями семейства Magnaporthaceae. Были сконструированы две пары праймеров Gib-F (CCG GAG GTA CCA AAC TCT AAG), Gib-R (GCT GGA ACC CGA CTG GAG) и GibC-F (GCG CCC TCT TCT CCA TCT CA), GibC-R (TAG ACG CTC ATG CGC TCC AG) для видоспецифичной амплификации ITS областей и гена β -тубулина соответственно. Ожидаемый размер ампликонов для первой пары праймеров составил 368 п.н., для второй – 325 п.н. Проверка специфичности и чувствительности разработанных методик для идентификации гриба *G. cerealis* показала целесообразность использования ПЦР в формате «nested» с праймерами ITS1/ITS4 в первой реакции и Gib-F/Gib-R – во второй, проводимой в формате touchdown-ПЦР. Аналогичная методика анализа на основе амплификации гена β -тубулина также дала удовлетворительные результаты, оказавшись несколько менее чувствительной.

Ключевые слова: гибеллиоз, видоспецифичные праймеры, секвенирование ДНК, ITS области рДНК, β -тубулин, *Gaeumannomyces*.

Одним из вредоносных заболеваний пшеницы является белая прикорневая гниль (гибеллиоз, белосоломенная гниль, белостебельность). Возбудитель болезни – сумчатый гриб *Gibellina cerealis* (Pass.) Pass. В России это заболевание впервые было обнаружено в Ставропольском крае в 1985 году на озимой пшенице (Шутко и др., 2012), но его массового распространения в те годы не наблюдалось (Савченко, Вдовенко, 2012).

В период с 2001 по 2005 гг. благодаря мониторингу в северной зоне Краснодарского края белосоломенная гниль отмечалась в производственных посевах пшеницы почти ежегодно. Только в 2002 г., отличавшемся необычно засушливыми условиями в весенний период, данное заболевание не было зафиксировано, как впрочем, и многие другие болезни растений (Зазимко и др., 2006). В 2009–2011 гг. белосоломенная гниль была обнаружена практически на всей территории Ставропольского края (Савченко, Вдовенко, 2012). За эти три года площадь полей озимой пшеницы, поражённой заболеванием, по отношению к обследованной площади увеличилась с 9 до 62%. В последние годы заболевание стало нередким в Краснодарском, Ставропольском краях, Ростовской и Волгоградской областях (Жалиева, 2012). К увеличению вредоносности гибеллиоза приводит повсеместное внедрение вспашки без оборота пласта, благодаря чему растительные остатки с присутствующими на них микроорганизмами остаются на поверхности почвы (Гасич и др., 2015). Помимо России поражение пшеницы *G. cerealis* отмечали в ряде стран Европы, в Азии и Северной Америке (Booth, 1977).

Поражение озимой пшеницы гибеллиозом вызывает большие потери урожая зерна. В случае сильного поражения растения отмирают, не давая урожая (Зазимко и др., 2006). При слабом поражении стебли либо не выколашиваются, либо образовавшиеся колосья плохо озернены – снижение массы зерна с одного колоса может достигать

85% (Таракановский, 2004). Кроме того, поражение *G. cerealis* приводит к ломкости стеблей, они беспорядочно полегают, что затрудняет уборку урожая (Кузнецов, 2010).

Патоген способен поражать несколько видов злаков. Чаще его выделают из пшеницы, редко – из ячменя и ржи (Никитина, Полозова, 1990), искусственно удавалось заразить также рис и тритикале (Glynne, Fitt, 1985).

Хорошо заметным поражением *G. cerealis* становится в фазе кущения. На влагилицах листьев и листовых пластинках с верхней стороны образуются овальные пятна 5–7 мм в длину, песочного цвета с бледно-коричневой каймой, в центре таких пятен хорошо заметен чёрный налёт. В дальнейшем поражённые листья желтеют и отмирают. Болезнь затрагивает, главным образом, влагилица листьев, но может переходить и непосредственно на стебель, на отдельных растениях обнаруживается поражение подземной части (Кузнецов, 2010; Шутко и др., 2012).

По мере роста растений, симптомы болезни распространяются вверх по стеблю. В это время на них формируется обильный налёт мицелия: свежие пятна белого цвета (отсюда название болезни), старые – серого. На внутренних тканях стеблей в мицелиальной строме формируются многочисленные чёрные плодовые тела с вытянутыми устьицами, которые насквозь пронизывают стенку стебля (Никитина, Полозова, 1991). Устьица плодовых тел на поверхности пятен, а чаще по всей поверхности стебля, выступают многочисленными чёрными бугорками на 1–2 мм наружу, придавая стеблям шероховатость. Поражённый стебель становится ломким, легко крошится, растения не выколашиваются (Никитина, Полозова, 1991; Зазимко и др., 2006; Кузнецов, 2010). В отдельных случаях *G. cerealis* был обнаружен на колосе (Кузнецов, 2010) и даже в семенах пшеницы (Савченко, Вдовенко, 2012).

Диагностика вызываемого *G. cerealis* заболевания затруднена, так как оно имеет симптомы, сходные с по-

ражением другими патогенами. На начальных этапах симптомы белосоломенной гнили похожи на поражение церкоспореллёзом (возбудитель – *Pseudocercospora herpotrichoides*), ризоктониозом (*Rhizoctonia solani*) или офиоболёзом (*Gaeumannomyces graminis*). В фазе выхода озимой пшеницы в трубку гибеллинозная гниль похожа на поражение влагаллиц нижних листьев мучнистой росой (*Blumeria graminis*) (Таракановский, 2004; Зазимко и др., 2006; Жалиева, 2007).

На данный момент для идентификации *G. cerealis* используются исключительно классические методы: визуальный анализ симптомов и микроскопирование спор, соскобленных со стеблей. Затруднение вызывает тот факт, что для развития спороношения, как на естественном субстрате, так и в условиях чистой культуры, требуется относительно длительное время.

Использование традиционных микологических методов идентификации фитопатогенных грибов нередко ока-

зывается неэффективным для надёжной и оперативной фитосанитарной диагностики. Альтернативой выступают современные молекулярно-генетические методы. Высокая чувствительность и относительная простота исполнения сделали методы, основанные на полимеразной цепной реакции (ПЦР), популярными для выявления и определения ряда фитопатогенов (Гагкаева и др., 2009).

Нами была поставлена цель – разработать основанный на ПЦР метод для надёжной идентификации возбудителя белосоломенной гнили зерновых культур в чистой культуре и для его выявления в растительной ткани на ранних стадиях заболевания. Для достижения цели были сконструированы видоспецифичные праймеры, проверена специфичность и чувствительность ПЦР-анализа, подразумевающего использование этих праймеров, а также оптимизирован протокол реакции.

Материалы и методы

В работе использованы два изолята *G. cerealis*, выделенные из стеблей пшеницы из Краснодарского (MF-C22701) и Ставропольского (MF-C22704) краёв, выделенные в 2011 г. Е.Л. Гасич и хранящиеся в лаборатории микологии и фитопатологии Всероссийского НИИ защиты растений. ДНК из чистых культур *G. cerealis* и заражённых листьев пшеницы экстрагировали по стандартному «ЦТАБ-хлороформ» протоколу (Doyle, Doyle, 1987). Секвенирующую ПЦР проводили с использованием набора BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (ABI, США). Определение нуклеотидных последовательностей осуществляли на генетическом анализаторе ABI PRIZM 3500 (ABI-Hitachi, Япония). Редактировали последовательности в программе VectorNTI Suite 8.0. Полученные нуклеотидные последовательности помещены в базу данных GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>).

Для конструирования праймеров были выбраны два участка генома, количество прочитанных нуклеотидных последовательностей которых для грибов, филогенетически близких *G. cerealis*, в базе данных GenBank было наибольшим: внутренние транскрибируемые спейсеры рибосомального оперона (ITS области рДНК) и ген β -тубулина. Для анализа нуклеотидных последовательностей данных участков генома гриба *G. cerealis* было проведено их секвенирование. Для поиска видоспецифичных маркерных нуклеотидных последовательностей было проведено сравнение последовательностей ДНК *G. cerealis* (получены нами) с последовательностями других видов семейства Magnaporthaceae, таких как *Gaeumannomyces* spp., *Harpophora* spp., *Magnaporthe/Pyricularia* spp. и *Burgennerula spartinea* (получены из базы данных GenBank). Конструирование праймеров проводили с использованием программы Primer3Plus (Untergasser et al., 2007).

ПЦР проводили в 25 мкл реакционной смеси: 1× ПЦР-буфер для Taq полимеразы с 2.5 мМ MgCl₂ (Хеликон, Россия), трифосфаты нуклеотидов – 0.2 мМ каждого типа, праймеры – 0.5 мкМ

каждого, Taq полимеразы – 1 ед. (Хеликон, Россия). Температуру отжига сконструированных праймеров определяли экспериментально путём проведения ПЦР с градиентом температур. Программа амплификации в этом случае была следующей: денатурация – 95°C в течение 4 мин.; затем 30 циклов: денатурация – 92°C, 40 с.; отжиг – 50–65°C, 30 с.; элонгация – 72°C, 30 с.; финальный синтез – 72°C, 3 мин. Для дальнейшей оптимизации амплификации осуществляли ПЦР в форматах «touchdown» и «nested». Протокол проведения touchdown-ПЦР отличался от описанного выше тем, что в первых 5 циклах температура отжига составляла 69°C, а в последующих 30 – 65°C. При осуществлении nested-ПЦР видоспецифичную амплификацию участка гена β -тубулина предваряли амплификацией с праймерами T1/T2 (Saleh, Leslie, 2004), соблюдая следующий протокол: 95°C – 4 мин.; 30 циклов: 92°C – 40 с., 63°C – 30 с., 72°C – 40 с.; 72°C – 3 мин. Видоспецифичную амплификацию ITS областей предваряли ПЦР с праймерами ITS1/ITS4 (White et al., 1990) по аналогичному протоколу, отличающемуся только температурой отжига праймеров (55°C). ПЦР проводили в амплификаторе C-1000 (Bio-Rad, США). Горизонтальный электрофорез продуктов амплификации проводили в 1.5% агарозном геле с бромистым этидием (1 мкг/мл).

Специфичность ПЦР оценили, взяв ДНК, выделенную из чистых культур *G. cerealis* и других грибов, встречающихся на пшенице: *Fusarium graminearum*, *F. culmorum*, *Alternaria tenuissima*, *A. infectoria*, *A. alternata* и *Bipolaris sorokiniana*, а также из непоражённых гибеллинозом листьев пшеницы.

Чувствительность ПЦР с разработанными праймерами оценивали путём анализа листьев пшеницы, искусственно заражённых *G. cerealis*. Для анализа взяты были фрагменты листьев длиной около 1 см, в разной степени поражённые патогеном: сильной, слабой, с хлорозом и без поражения (всё в двух повторностях).

Результаты и обсуждение

Секвенированы нуклеотидные последовательности ITS областей и гена β -тубулина ДНК *G. cerealis* (учётные номера Genbank – KT377185, KT377186, KT377187). Полученные последовательности были сравнены с базой данных GenBank с помощью алгоритма BLAST. Результаты подтвердили родство *Gibellina* с другими родами семейства Magnaporthaceae. Наибольшее сходство последовательностей *G. cerealis* было с последовательностями *Gaeumannomyces cylindrosporus* и *G. caricis*. На основе сравнения полученных в результате секвенирования ну-

клеотидных последовательностей ДНК *G. cerealis* с последовательностями других представителей семейства Magnaporthaceae были сконструированы две пары праймеров, приведенные в таблице.

Обе пары праймеров позволяли получать хорошо детектируемое количество продуктов ПЦР при использовании всего диапазона температур отжига праймеров (50–65°C). Размер полученных в результате ПЦР продуктов соответствовал ожидаемому, неспецифические продукты отсутствовали. В дальнейшем ПЦР ставили с T_a=65°C.

Таблица – Праймеры, предназначенные для специфической амплификации ДНК *Gibellina cerealis*

Участок генома	Праймер	Нуклеотидная последовательность, 5'→3'	Размер ампликона, п.н.
ITS области	Gib-F, прямой	CCG GAG GTA CCA AAC TCT AAG	368
	Gib-R, обратный	GCT GGA ACC CGA CTG GAG	
ген β-тубулина	GibC-F, прямой	GCG CCC TCT TCT CCA TCT CA	325
	GibC-R, обратный	TAG ACG CTC ATG CGC TCC AG	

При амплификации ДНК нецелевых видов грибов (*Fusarium* spp., *Alternaria* spp. и *Bipolaris sorokiniana*) ампликоны не образовывались вне зависимости от используемой пары праймеров. Однако было выявлено, что в ходе ПЦР с ДНК пшеницы пара праймеров Gib-F/Gib-R может приводить к образованию неспецифического ампликона размером около 550 п.н., который на электрофореграмме легко отличим от целевого продукта. Использование touchdown ПЦР позволило избежать появления неспецифических продуктов ПЦР.

В результате проведения ПЦР с ДНК из заражённых листьев пшеницы специфичные продукты амплификации были получены только для листьев с сильным поражением белосоломенной болезнью (рис. 1), и в одном случае – для слабого поражения (с праймерами Gib-F/Gib-R). То есть чувствительность разработанного метода анализа в указанных условиях амплификации оказалась невысокой. Несколько бóльшая чувствительность ПЦР с парой праймеров Gib-F/Gib-R, по-видимому, является следствием того, что кластер рДНК является высококопийным участком ДНК (White et al., 1990).

Результаты nested-ПЦР с праймерами ITS1/ITS4 и Gib-F/Gib-R приведены на рисунке 2. Как видно, чувствительность nested-ПЦР выше по сравнению с обычной ПЦР: положительный результат получен не только для образцов с сильным и слабым поражением, но и для одного образца с хлорозом (рис. 2, ряды 12–13). Таким образом,

применение ПЦР в формате «nested», вероятно, позволит обнаруживать поражение растений *G. cerealis* на ранней стадии – ещё до появления специфических симптомов заболевания. Результаты nested-ПЦР с праймерами T1/T2 и GibC-F/GibC-R оказались сходными, но продемонстрировали меньшую чувствительность метода.

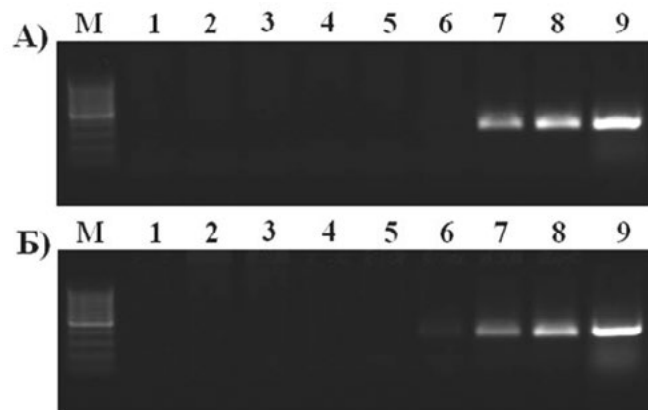


Рисунок 1. Результаты ПЦР с ДНК из листьев пшеницы с различной степенью поражения *Gibellina cerealis*. А – ПЦР с праймерами GibC-F/GibC-R; Б – ПЦР с праймерами Gib-F/Gib-R. Условные обозначения рядов: М – маркер молекулярной массы; 1–8 – ДНК из листьев пшеницы, в разной степени поражённых *G. cerealis*: 1, 2 – без поражения; 3, 4 – хлороз; 5, 6 – слабое поражение; 7, 8 – сильное поражение; 9 – положительный контроль (ДНК *G. cerealis* из чистой культуры, штамм MF-C22704)

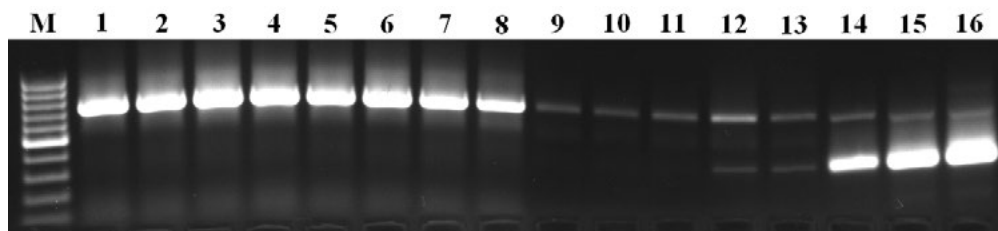


Рисунок 2. Результаты nested ПЦР (внешние праймеры ITS1/ITS4; внутренние – Gib-F/Gib-R) с ДНК из листьев пшеницы с различной степенью поражения *Gibellina cerealis*. Условные обозначения рядов: М – маркер молекулярной массы; 1–16 – ДНК из листьев пшеницы, в разной степени поражённых *G. cerealis*: 1, 2, 9, 10 – без поражения; 3, 4, 11, 12 – хлороз; 5, 6, 13, 14 – слабое поражение; 7, 8, 15, 16 – сильное поражение; 1–8 – результаты первого цикла амплификации; 9–16 – результаты второго цикла амплификации

Кроме повышения специфичности и чувствительности, применение nested-ПЦР позволяет одновременно осуществить и контроль качества экстракции ДНК, который необходим в любом случае для подтверждения пригодности препарата ДНК для ПЦР. При наличии ДНК искомого вида гриба в пробе в результате первого цикла амплификации должен наблюдаться продукт размером около 500–700 п.н. (для праймеров ITS1/ITS4, которые амплифицируют любую грибную и растительную ДНК) или около 900 п.н. (для праймеров T1/T2, которые амплифицируют ДНК грибов и бактерий). В результате второго цикла образуется специфический фрагмент, свидетельствующий о наличии в пробе ДНК вида *G. cerealis*.

Таким образом, считаем целесообразным использование nested-ПЦР с комбинацией праймеров ITS1/ITS4 в первой реакции и Gib-F/Gib-R во второй, проводимой в формате touchdown-ПЦР для идентификации гриба *G. cerealis*. Идентификация может быть проведена в случае выделения ДНК из чистой культуры гриба и из растительной ткани (желательно наличие хорошо развитых некротических пятен). Если анализу подвергнуть растительный образец, в котором присутствует только растительная ДНК, а грибная ДНК отсутствует, в первом раунде nested-ПЦР образуется соответствующий продукт амплификации, подтверждающий успешность экстракции ДНК

и выполняющий на этом этапе функцию положительного контроля.

Удовлетворительные результаты даёт аналогичный, несколько менее чувствительный, но более специфичный анализ на основе амплификации гена β -тубулина. В

случае проведения его в формате «nested» по результатам первой реакции можно судить о заражённости образца какими-либо микроорганизмами, а по второй – о наличии в образце ДНК *G. cerealis*.

Plant Protection News, 2015, 3(85), p. 46–50

IDENTIFICATION OF WHEAT FALSE EYESPOT AGENT *GIBELLINA CEREALIS* BY USE OF PCR

Pilshchikova N.S., Gannibal F.B.

All-Russian Institute of Plant Protection, Saint Petersburg, Russia

The serious wheat disease, False eyespot caused by the fungus *Gibellina cerealis*, became more widespread during the last years in the Ciscaucasia (the southern part of European Russia). Diagnostics of this disease is difficult, since it induces symptoms initially similar with those induced by some other pathogens. The goal of our study was to develop a PCR-based method for *G. cerealis* identification in pure culture and plant tissue. ITS regions of ribosomal DNA and the gene for β -tubulin were sequenced. Analysis of obtained sequences confirmed the relationship of the genus *Gibellina* with the genus *Gaeumannomyces* and other members of Magnaporthaceae family. Two primer pairs, Gib-F (CCG GAG GTA CCA AAC TCT AAG), Gib-R (GCT GGA ACC CGA CTG GAG) and GibC-F (GCG CCC TCT TCT CCA TCT CA), GibC-R (TAG ACG CTC ATG CGC TCC AG), were designed for species-specific amplification of *G. cerealis* ITS regions and the β -tubulin gene, respectively. An expected amplicon size was 368 and 325 bp. Evaluation of specificity and sensitivity of the developed methods for *G. cerealis* identification showed appropriateness of usage of nested-PCR with ITS1/ITS4 primers on the first stage and Gib-F/Gib-R on the second stage realized as touchdown-PCR. Similar protocol based on β -tubulin gene amplification also showed satisfactory results; however, it was somewhat less sensitive.

Keywords: species-specific primer; DNA sequencing; ITS regions; β -tubulin; *Gaeumannomyces*.

Библиографический список (References)

- Гагкаева Т.Ю., Ганнибал Ф.Б., Гаврилова О.П. Метод ПЦР-диагностики фитопатогенных грибов рода *Fusarium* и *Alternaria* // Высокопроизводительные и высокоточные методы фитосанитарного мониторинга. СПб.: ГНУ ВИЗР, 2009. с 4–14.
- Гасич Е.Л., Хлопунова Л.Б., Гагкаева Т.Ю., Дмитриев А.П. Действие фунгицидов на развитие гибеллиноза пшеницы при искусственном заражении в лабораторных условиях // Защита и карантин растений. 2015. 1. С. 29–31.
- Жалиева Л.Д. Гибеллиноз озимой пшеницы // Защита и карантин растений. 2007. 6. С. 46.
- Жалиева Л.Д. Гибеллиноз озимой пшеницы // Современная микология в России. Т. 3. Материалы 3-го съезда микологов России. М.: Национальная академия микологии. 2012. С. 329.
- Зазимко М.И., Монастырская Э.И., Таракановский А.Н., Саенко А.А. Гибеллинозная гниль стеблей озимой пшеницы в Краснодарском крае // Защита и карантин растений. 2006. 7. С. 17–18.
- Кузнецов Д.И. Белосоломенная гниль пшеницы // Защита и карантин растений. 2010. 11. С. 42–44.
- Никитина Е.В., Полозова Н.Л. Диагностика грибных пятнистостей зерновых культур в интенсивном земледелии (методические указания). Л.: 1990. 74 с.
- Савченко Т.И., Вдовенко Т.В. Гибеллина выявлена в семенах озимых зерновых культур // Защита и карантин растений 2012. 5. С. 16.
- Таракановский А.Н. Биологические особенности и вредоносность возбудителей корневых гнилей озимой пшеницы в Краснодарском крае, вызываемых грибами *Ophiobolus graminis* Sacc. (Mc.Alp.) Sacc. and D. Sacc. и *Gibellina cerealis* Pass. // Дис. ... канд. биол. наук. Краснодар, 2004, 151 с.
- Шутко А.П., Зимоглядова Т.В., Тутуржанс Л.В., Мищерин А.М. Вредоносность гибеллинозной гнили стеблей озимой пшеницы // Защита и карантин растений. 2012. 5. С. 38–40.
- Booth C. 1977. *Gibellina cerealis* // CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria. 1977. 534.
- Doyle J.J., Doyle J.L. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue // Phytochemistry Bulletin. 1987. 19. P. 11–15.
- Glynne M.D., Fitt B.D.L., Hornby D. *Gibellina cerealis*, an unusual pathogen of wheat // Transactions of the British Mycological Society. 1985. 8. P. 653–659.
- Saleh A.A., Leslie J.F. *Cephalosporium maydis* is a distinct species in the *Gaeumannomyces-Harpophora* species complex. Mycologia. 96 (6). 2004. P. 1294–1305.
- White T.J., Bruns T., Lee S., Taylor J.W. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics / PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications, eds. M.A. Innis, D.H. Gelfand, J.J. Sninsky, T.J. White. Academic Press, Inc., New York. 1990. P. 315–322.
- Untergasser A., Nijveen H., Rao X., Bisseling T., Geurts R., Leunissen J.A.M. Primer3Plus, an enhanced web interface to Primer3 // Nucleic Acids Research. 2007. 35 (suppl. 2), P. W71–W74.

Translation of Russian References

- Gagkaeva T.Yu., Gannibal Ph.B., Gavriloova O.P. Method of PCR-diagnostics of phytopathogenic fungi of the genera *Fusarium* and *Alternaria*. In: Vysokoproduktivnye i vysokotochnye metody fitosanitarnogo monitoringa. St. Petersburg: GNU VIZR, 2009. s 4–14. (In Russian).
- Gasich E.L., Khlounova L.B., Gagkaeva T.Yu., Dmitriev A.P. Impact of fungicides on development of false eyespot of wheat during artificial inoculation under laboratory conditions. Zashchita i karantin rastenii. 2015. 1. P. 29–31. (In Russian).
- Kuznetsov D.I. False eyespot of wheat. Zashchita i karantin rastenii. 2010. 11. p. 42–44. (In Russian).
- Nikitina Ye.V., Polozova N.L. Diagnostics of fungal spots of cereals in intensive agriculture (methodical instructions). Leningrad, 1990. 74 p. (In Russian).
- Savchenko T.I., Vdovenko T.V. *Gibellina* has been revealed in seeds of winter cereals. Zashchita i karantin rastenii 2012. 5. P. 16. (In Russian).
- Shutko A.P., Zimoglyadova T.V., Tuturzhans L.V., Mishcherin A.M. Vredonosnost' gibellinoznoi gnili steblei ozimoi pshenitsy. Zashchita i karantin rastenii. 2012. 5. P. 38–40. (In Russian).
- Tarakanovskii A.N. Biological characters and harmfulness of the root rot causal agents of winter wheat in Krasnodar Territory induced by fungi *Ophiobolus graminis* Sacc. (Mc.Alp.) Sacc. et D. Sacc. and *Gibellina cerealis* Pass. PhD Thesis. Krasnodar, 2004, 151 p. (In Russian).
- Zazimko M.I., Monastyrnaya E.I., Tarakanovskii A.N., Saenko A.A. *Gibellina* stem rot of winter wheat in the Krasnodar Territory. Zashchita i karantin rastenii. 2006. 7. P. 17–18. (In Russian).

Zhalieva L.D. False eyespot of wheat. Zashchita i karantin rastenii. 2007. 6. P. 46. (In Russian).

Zhalieva L.D. False eyespot of winter wheat. In: Sovremennaya mikologiya v Rossii. T. 3. Materialy 3-go s'ezda mikologov Rossii. Moscow: Natsional'naya akademiya mikologii. 2012. P. 329. (In Russian).

Сведения об авторах

ООО «ПАРСЕК ЛАБ», Биржевая линия 16, 199053, Санкт-Петербург, Российская Федерация
 Пильщикова Надежда Сергеевна. Младший научный сотрудник. Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург - Пушкин, Российская Федерация
 *Ганнибал Филипп Борисович. Зав. лабораторией Микологии и фитопатологии, канд. биол. наук, e-mail: fgannibal@vizr.spb.ru.

* Ответственный за переписку

Information about the authors

PARSEQ LAB Co. Ltd., Birzhevaya liniya 16, 199053, St. Petersburg, Russian Federation
 Pilshchikova Nadezhda Sergeevna, Junior Researcher. All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg - Pushkin, Russian Federation
 *Gannibal Filipp Borisovich, Head of Laboratory, Ph.D. in Biology, e-mail: fgannibal@vizr.spb.ru

* Responsible for correspondence

УДК 632.4:632.95

МЕДЬСОДЕРЖАЩИЕ ФУНГИЦИДЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЯБЛОНИ

В.А. Хилевский, А.А. Зверев, О.В. Кунгурцева

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

В статье представлены результаты полевой оценки биологической эффективности и регламентов применения медьсодержащих фунгицидов: Косайд 2000, ВДГ (350 г/кг) – 2.5 и 3.0 кг/га; Абига-Пик, ВС (400 г/л) – 9.6 л/га и Купроксат, КС (345 г/л) – 5.0 л/га в борьбе с паршой яблони и монилиозом (плодовой гнилью) в плодоносящем саду Сальского района Ростовской области в 2011–2012 гг. Исследования проведены в соответствии с Методическими указаниями по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве (2009 г.). Примененные фунгициды снизили пораженность паршой листьев яблони до 18.7 % (развитие в контроле 31.3 %), на плодах до 7.4 % (развитие в контроле 33,3 %); биологическая эффективность была 40.7 % (листья) и 68.8 % (плоды). Пораженность плодов яблони паршой в съемном урожае составила 5.7 % (развитие в контроле 40.4 %), монилиозом – 0.8 % (развитие в контроле 5.2 %), а биологическая эффективность была на уровне 85.2 % (монилиоз) и 88.7 % (парша яблони). Наибольшую фунгицидную активность проявили Абига-Пик и Косайд 2000. Прибавка урожая достигала 18,8 ц/га. Экоотоксикологическая характеристика фунгицидов, используемых в борьбе с болезнями яблони, представлена в соответствии с принятой в РФ классификацией пестицидов. По степени воздействия на организм теплокровных животных и человека при введении в желудок изучаемые фунгициды подразделились следующим образом: высокотоксичный – Купроксат, среднетоксичные – Косайд 2000 и Абига-Пик. По устойчивости в почве: стойкие – Купроксат, умеренно стойкие – Косайд 2000 и Абига-Пик.

Ключевые слова: парша яблони, монилиоз, гидроксид меди, меди хлорокись, меди сульфат трехосновный, биологическая эффективность.

Получение высоких и устойчивых урожаев в многолетнем агроценозе плодовых культур невозможно без применения современных средств защиты растений, как биологической, так и химической природы [Долженко и др., 2011].

Садоводство России, некогда процветающее, в начале 90-х годов XX столетия стало постепенно деградировать – сокращаются площади плодовых насаждений, снижается их продуктивность, уменьшаются валовые сборы. Серьезной проблемой в саду остается обеспечение фитосанитарной безопасности [Долженко, 2011]. Заметным влиянием на фитосанитарное состояние плодовых насаждений стало изменение системы защиты плодовых культур от болезней в начале 90-х годов. Отказ от медьсодержащих препаратов способствовал усилению вредоносности таких опасных заболеваний как парша и монилиоз [Колесова, Чмырь, 2005].

Более 100 лет медьсодержащие фунгициды используются в борьбе с болезнями, они остаются основной группой препаратов в системе антрирезистентной программы к системным фунгицидам [Ганиев, Недорезков, 2006].

Все препараты на основе солей меди являются контактными фунгицидами защитного действия и для обеспе-

чения высокой эффективности должны быть нанесены на растения до начала прорастания инфекционного начала патогенов. Продолжительность защитного действия зависит от качества препаративной формы (прилипаемость, размер частиц), метеорологических условий (температура и осадки) и скорости роста растения [Попов, Дорожкина и др., 2003].

Парша яблони – самое распространенное и вредоносное заболевание в плодоносящих садах, особенно в годы с обильными летними осадками и умеренными температурами. Наибольший вред она наносит при высокой влажности, особенно в первой половине лета, и в благоприятных условиях может полностью уничтожить урожай. Возбудитель – *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. (сумчатая стадия) имеет конидиальную стадию *Fusicladium dendriticum* (Wallr.) Fuck. [Дементьева, 1977; Колесова, Чмырь, 2005]. Гриб поражает листья, побеги, плоды.

Сильное поражение листьев может привести к преждевременному их опадению, достигающему на восприимчивом сорте до 80 % [Дементьева, 1977; Ванек и др., 1989]. Развитие парши продолжается также в период хранения плодов.

Оптимальной для развития и распространения парши считается температура 16–22 °С. Инкубационный период при этом равен 8–14 дням, при 10–16 °С – 13–20 дням [Берим, 1979]. Период росы для прорастания конидий и осуществления заражения должен длиться не менее 10 ч. В зависимости от погодных условий, а также восприимчивости сорта и особенностей самого возбудителя, в течение лета гриб может дать 8–10 генераций [Дементьева, 1977; Станчева, 2002].

Высокая вредоносность парши наблюдается в районах интенсивного плодоводства Краснодарского и Ставропольского краев, во влажных районах Закавказья и северо-западных областях РФ (1 раз в 2 года, поражение составляет 50–100 %). К зоне среднего развития заболевания (1 раз в 3 года, поражение 30–50 %) относятся центральные районы европейской части РФ, отдельные районы Республики Крым, Алтайский край. В слабой степени (1 раз в 5 лет, поражение составляет 15–30 %) заболевание проявляется в ряде районов Среднего и Нижнего Поволжья, а также в садах Республики Крым. К ареалу очень слабой вредоносности парши (1 раз в 8–10 лет, поражение до 5 %) относятся районы плодоводства южного Урала и Зауралья, а также Дальнего Востока [www.agroatlas.ru; Берим, 1979].

Надежно защитить яблоню от парши может только комплекс предупредительных мероприятий, включающий химические, агротехнические меры и посадку устойчивых сортов [Дементьева, 1977].

Материалы и методы

Биологическую оценку фунгицидов проводили в 2011 и 2012 гг. в СПК имени Ангельева Сальского района Ростовской области в плодоносящем саду, насаждения яблони сорта Айдаред были двух возрастов (16 и 17 лет, соответственно), на котором проявляются болезни на протяжении нескольких лет. Опыты проводили в оптимальных для выращивания культуры условиях, на естественном инфекционном фоне. Участок однородный по плодородию, механическому составу почвы, рельефу, схеме посадки, формированию кроны, с однотипной площадью питания, возрасту и силе плодоношения. Исключали деревья старые и поврежденные морозом, грызунами, пораженных раковыми болезнями. Делянки располагали так, чтобы получить тщательное смачивание листьев [Котикова, Боровикова и др., 2009].

Для оценки биологической эффективности (БЭ) использовали новый медьсодержащий фунгицид Косайд 2000, ВДГ (350 г/кг) с высоким содержанием биоактивной меди – 70 ppm, который совместим в баковых смесях. Препарат хорошо растворим в воде, равномерно распределяется на поверхности листовой

Результаты и обсуждение

В 2011–2012 гг. средняя температура воздуха (15.4 °С) и количество осадков (77.9 мм) в апреле-мае было на уровне или выше среднего многолетних показателей (13.7 °С и 51.5 мм) и оказали положительное влияние на развитие парши. В летний период 2011 г. средняя температура воздуха (24.5 °С) превысила среднемноголетний уровень (22.2 °С), особенно по осадкам (91.5 мм, что на 36.8 мм больше). Это привело к умеренному развитию болезни на листьях и плодах. Наиболее интенсивный разлет конидий происходил при температуре 18–20 °С – III декада мая. В условиях холодной и затяжной весны вегетация плодовых культур началась позже, что обусловило так же позднее проявление парши на листьях [Обзор фитосан. сост. ... ,

Монилиоз, или плодовая гниль яблони вызывается двумя близкими видами: *Monilinia fructigena* (J. Schr.) Honey с конидиальной стадией *Monilia fructigena* Pers. и, реже, *Monilinia laxa* (Aderh. et Ruhl.) Honey (= *M. cinerea* (J. Schr.) Honey) с конидиальной стадией *Monilia cinerea* Bon. Плодовая гниль чрезвычайно вредоносна, губит значительную часть урожая плодов в саду, а затем в период их хранения. В центральных и южных областях страны в отдельных садах недобор урожая или потери при хранении достигают 50–70 % [Берим, 1979]. Не менее опасно заболевание в форме монилиального ожога, оно проявляется в побурении и засыхании цветков, поражении кольчаток, плодовых почек, плодовых прутиков, усыхании ветвей, а затем и полной гибели деревьев.

Заражению способствуют высокая влажность (осадки, туманы) в период цветения и температура 12–16 °С. Инкубационный период до появления бурого пятна занимает всего 3–5 дней, а до периода спороношения 8–10 дней [Дементьева, 1977; Берим, 1979; Колесова, Чмырь, 2005].

При низких или высоких температурах и большой сухости воздуха плоды чернеют, мумифицируются и в таком виде зимуют, весной на них формируются многочисленные конидии, которые разносятся ветром, дождем, или насекомыми [Дементьева, 1977; Шкаликов, 2010].

Сильное развитие болезни наблюдается при сравнительно высокой температуре (оптимум 24–27 °С) и высокой относительной влажности воздуха.

пластинки, покрытие составляет 40 м²/г. обладает эффективностью и персистентностью [www.dupont.ru]. Из ранее зарегистрированных фунгицидов превентивного действия использовали Абига-Пик, ВС (400 г/л) на основе действующего вещества меди хлорокись и Купроксат, КС (345 г/л) Нуфарм ГмБХ и КО КГ на основе действующего вещества меди сульфат трехосновный, близкие по механизму действия, времени обработки и методу их внесения [Новожилов, Долженко, 2011; Государственный каталог пестицидов, 2015].

По показателю класс опасности для пчел в полевых условиях все препараты являются малоопасными (3 класс).

Схема опыта: Косайд 2000, ВДГ (350 г/кг) – 2.5 и 3.0 кг/га; Абига-Пик, ВС (400 г/л) – 9.6 л/га и Купроксат, КС (345 г/л) – 5.0 л/га (3-х и 4-хкратно), а также необработанный контроль располагали в рендомизированные блоки. Расход рабочей жидкости 1000 л/га. Для обработки деревьев использовали ранцевый моторный вентиляторный опрыскиватель «Харди МРУ-3». Размер делянки – 4 дерева, повторность опыта 4-кратная.

2012]. Осадки и повышенная температура воздуха III декады апреля 2012 г. способствовали проявлению парши, а установившаяся в дальнейшем аномально сухая и жаркая погода сдерживала нарастание болезни [Обзор фитосан. сост. ... , 2013].

Плодовой гнилью поражались главным образом плоды, получившие механические повреждения кожуры (раны от насекомых, ушибы о ветви и соседние плоды).

На плодах съемного урожая фунгицид Косайд 2000 показал БЭ от 81.5 до 85.2 % против плодовой гнили, что было на уровне или выше эффективности препарата Абига-Пик – 80.5 %, фунгицид Купроксат существенно уступал им (66.4 %) при развитии болезни в контроле 5.2 %.

Таблица. Эффективность фунгицидов против парши и монилиоза яблони (в среднем за 2011–2012 гг.)

Вариант опыта, (норма расхода)	Биологическая эффективность на листьях, %	Биологическая эффективность на плодах в кроне деревьев, %	Биологическая эффективность на плодах в съемном урожае, %		Урожайность, ц/га
			парша	монилиоз	
Косайд 2000 (2.5 кг/га)	32.6	62.6	73.7	81.5	28,4
Косайд 2000 (3.0 кг/га)	40.7	68.8	78.3	85.2	30,0
Абига-Пик (9.6 л/га)	23.9	84.8	88.7	80.5	34,2
Купроксат (5.0 л/га)	21.8	56.9	55.2	66.4	28,8
Контроль (без обработки)	31.3*	33.3*	40.4*	5.2*	15,4
НСР ₀₅	10,4	6,5	5,5	1,8	0,8

*развитие болезни, %.

По выходу урожая преимущество было за фунгицидом Абига-Пик (34,2 ц/га), далее шли препараты Косайд 2000 (до 30,0 ц/га) и Купроксат (28,8 ц/га).

Период защитного действия фунгицидов против парши яблони и плодовой гнили составил: 120 дней (17 недель) от срока окончания обработки до уборки урожая. За время проведения исследований фитотоксичности фунгицидов не отмечено.

Фунгицид Косайд 2000, ВДГ (350 г/кг) может являться неотъемлемым компонентом системы защиты яблони от болезней. Это позволит повысить степень экологизации при снижении пестицидной нагрузки на агроценоз. Минимальная кратность обработок фунгицидами в борьбе с болезнями позволяет охарактеризовать их как экологически малоопасные.

В соответствии с принятой у нас в стране классификацией пестициды по степени воздействия на организм теплокровных животных и человека при введении в желудок, изучаемые фунгициды подразделились следующим образом: высокотоксичный – Купроксат (показатель

ЛД₅₀ 100 мг/кг) 2 класс опасности, среднетоксичные – Косайд 2000 (489 мг/кг) и Абига-Пик (700–800 мг/кг) 3 класс опасности. Токсическая нагрузка (мг д.в./га ЛД₅₀): Косайд 2000 (1789–2147), Абига-Пик (5489–4800) и Купроксат (17250).

По устойчивости в почве (персистентность) Т₉₀ фунгициды разделились следующим образом: стойкие – Купроксат (6–12 месяцев), умеренно стойкие – Косайд 2000 и Абига-Пик (менее 6 месяцев).

Таким образом, изученные препараты на основе меди эффективно подавляют возбудителей парши яблони и монилиоза. В отношении парши яблони их эффективность различается и во многом определяется уровнем развития болезни и наличием капельножидкой влаги. Своевременное опрыскивание деревьев фунгицидами повышает продуктивность яблони и обеспечивает гарантированную прибавку урожая. Экономическая целесообразность обработок деревьев в период вегетации будет определяться сортностью и качеством полученного урожая.

Plant Protection News, 2015, 3(85), p. 50 – 53

COPPER-BEARING FUNGICIDES FOR APPLE-TREE PROTECTION

V.A. Khilevskii, A.A. Zverev, O.V. Kungurtseva

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

The results of field evaluation of the biological effectiveness and regulations of application of copper-containing fungicides, such as Kosayd 2000, EDC (350 g/kg) – 2.5 and 3.0 kg/ha; Abig Peak, BC (400 g/l) – 9.6 l/ha and Kuproksat, KS (345 g/l) – 5.0 l/ha, are tested against *Venturia inaequalis* and *Monilia fructigena* (fruit rot) in fertile orchards of Salsk district, Rostov region in 2011–2012. The research was guided by Methodical instructions on the registration tests of fungicides in agriculture (Dolzhenko, 2009). Studied drugs helped to reduce *V. inaequalis* infected leaves to 18.7% (31.3% without treatment), and infected fruits – to 7.4 % (33.3% without treatment); biological efficiency was 40.7% (leaves) and 84.8% (fruits). Damaged fruits were as follows: *V. inaequalis* – 5.7% (40.4% without treatment), *M. fructigena* – 0.8% (5.2% without treatment); and biological efficacy was 85.2% (*M. fructigena*), 88.7% (*V. inaequalis*). The greatest fungicidal activity showed Abig Peak and Kosayd 2000. The yield increase reached 234.0 %. Ecotoxicological characterization of fungicides used to control apple diseases are presented in accordance with the Russian Federation classification of pesticides by degree of impact on the body of warm-blooded animals and humans as follows: highly toxic – Kuproksat, moderately toxic – Kosayd 2000 and Abig Peak. Kuproksat was stable in soil, Kosayd 2000 and Abig Peak were moderately stable in soil.

Keywords: *Venturia inaequalis*; *Monilia fructigena*; copper hydroxide; copper oxychloride; copper sulfate tribasic; biological efficacy.

Библиографический список (References)

- Агроклиматический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их болезни, вредители и сорные растения URL: <http://www.agroatlas.ru> (дата обращения: 08.04.2015).
- Болезни культурных растений // под редакцией Павлюшина В.А. СПб.: 2005. С. 114–115.
- Ванек Г., Корчагин В.Н., Тер-Симонян Л.Г. Атлас болезней и вредителей плодовых, ягодных, овощных культур и винограда. Братислава, «Природа», М.: ВО «Агропромиздат», 1989. С. 74; С. 88.
- Ганиев М.М., Недорезков В.Д. Химические средства защиты растений. Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений. М.: Колос. 2006. С. 136–139.
- Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Часть 1, Пестициды. М.: 2015. С. 152–301. URL: <http://www.mcx.ru> (дата обращения: 24.01.2015).
- Дементьева М.И. Фитопатология. М.: «Колос». 1977. 368 с.
- Долженко В.И. Повысить фитосанитарную безопасность Российской Федерации // Защита и карантин растений. 2011. 2. С.4–7.
- Долженко Т.В., Зверев А.А., Долженко В.И. Комбинированные инсектициды для защиты яблони от яблонной плодовой гнили // Садоводство и

виноградарство. 2011. 5. С. 38–41.
 Защита растений / под редакцией Берим Н.Г. Л.: «Колос». Ленинградское отделение, 1979. С. 297–299.
 Колесова Д.А., Чмырь П.Г. Защита плодоносящих садов яблони и груши // Защита и карантин растений. 2005. 6. С. 50–119.
 Котикова Г.Ш., Боровикова Н.А., Смолякова В.М., Плесакевич Р.И. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве // под редакцией Долженко В.И. СПб.: 2009. С. 266–286.
 Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве // под редакцией Долженко В.И. СПб.: 2009. С. 40.
 Новожилов К.В., Долженко В.И. Средства защиты растений. М.: ООО «Издательство Агрорус», 2011. С. 104–105.
 Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2011 году и прогноз развития вредных

объектов в 2012 году. М.: 2012. С. 227–232.
 Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2012 году и прогноз развития вредных объектов в 2013 году. М.: 2013. С. 174–177.
 Попов С.Я., Дорожкина Л.А., Калинин В.А. Основы химической защиты растений. Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений. М.: Арт-Лион, 2003. С. 84–87.
 Станчева Й. Атлас болезней сельскохозяйственных культур. 2. Болезни плодовых, ягодных, орехоплодных культур и винограда. София-Москва, Пенсофт, 200. С. 28–31; С. 33–36.
 DuPont™, Косайд® 2000 фунгицид URL:http://www.dupont.ru/content/dam/assets/products-and-services/crop-protection/documents/ru_RU/Kocide%202000_2014.pdf (дата обращения: 26.01.2015).
 Шкаликов В. А. Защита растений от болезней. 2010, «Колос» . 404 с.

Translation of Russian References

Agroecological Atlas of Russia and Neighboring Countries: Economic Plants and their diseases, pests and weeds. URL: <http://www.agroatlas.ru> (date accessed: 04/08/2015). (In Russian).
 Berim N.G. (Ed.). Plant protection. Leningrad: Kolos. 1979. P. 297–299. (In Russian).
 Dementeva M.I. Phytopathology. Moscow: Kolos. 1977. 368 p. (In Russian).
 Dolzhenko V.I. (Ed.). Methodical instructions on the registration tests of fungicides in agriculture. St. Petersburg: 2009. P. 40. (In Russian).
 Dolzhenko V.I. Improve phytosanitary security of the Russian Federation. Zashchita i karantin rastenii. 2011. 2. P. 4–7. (In Russian).
 Dolzhenko T.V., Zverev A.A., Dolzhenko V.I. Combined insecticides to protect Apple trees from Codling Moth. Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2011.5. P. 38–41. (In Russian).
 DuPont™, Kosayd® 2000 fungicide. URL:http://www.dupont.ru/content/dam/assets/products-and-services/crop-protection/documents/ru_RU/Kocide%202000_2014.pdf (date accessed: 01/26/2015). (In Russian).
 Ganiev M.M., Nedorezkov V.D. Plant protection chemicals. Textbook for students. Moscow: Kolos. 2006. P. 136–139. (In Russian).
 Kolesova D.A., Chmyr' P.G. Protection of fruit-bearing apple and pear orchards. Zashchita i karantin rastenii. 2005. 6. P. 50–119. (In Russian).
 Kotikova G.Sh., Borovikova N.A., Smolyakova V.M., Pleskatevich R.I. Methodical instructions on the registration tests of fungicides in agriculture. Dolzhenko V.I. (Ed.). St. Petersburg: 2009. P. 266–286. (In Russian).

Novozhilov K.V., Dolzhenko V.I. Plant protection products. Moscow: Agrorus, 2011. P. 104–105. (In Russian).
 Pavlyushin V.A. (Ed.). Diseases of cultivated plants. St. Petersburg: 2005. P. 114–115. (In Russian).
 Popov S.Ya., Dorozhkina L.A., Kalinin V.A. Fundamentals of chemical plant protection. Textbook for students. Moscow: Art-Lion, 2003. P. 84–87. (In Russian).
 Review of phytosanitary condition of crops in the Russian Federation in 2011 and forecast for development of harmful objects in 2012. Moscow: 2012. P. 227–232. (In Russian).
 Review of phytosanitary condition of crops in the Russian Federation in 2012 and forecast for development of harmful objects in 2013. P. 174–177. (In Russian).
 Shkalikov V.A. (Ed.). Plant protection from diseases. Moscow: Kolos. 2010. P. 270–272. (In Russian).
 Stancheva J. Atlas of diseases of crops. 2. Diseases of fruit, berries, nuts and grapes. Sofia-Moscow, Pensoft, 2002, p. 28–31, p. 33–36. (In Russian).
 State catalog of pesticides and agrochemicals permitted for use in the Russian Federation. Part 1, pesticides. Moscow: 2015. P. 152–301. URL:<http://www.mcx.ru> (data obrashcheniya: 24.01.2015). (In Russian).
 Vanek G., Korchagin V.N., Ter-Simonyan L.G. Atlas of diseases and pests of fruits, berries, vegetables and grapes. Bratislava, «Priroda», Moscow: Agropromizdat, 1989. P. 74; C. 88. (In Russian).

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург – Пушкин, Российская Федерация
 *Хилевский Вячеслав Александрович. Зав. филиалом, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: 89281485089@mail.ru
 Зверев Анатолий Алексеевич. Ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: rnil_gigant@mail.ru
 Кунгурцева Ольга Владимировна. Зав. сектором, кандидат биологических наук, e-mail: ovk@icrz.ru

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg – Pushkin, Russian Federation
 *Khilevsky Vyacheslav Alexandrovich, Head of branch, PhD in Agriculture, e-mail: 89281485089@mail.ru
 Zverev Anatoly Alexeyevich, Leading Researcher, PhD in Agriculture, e-mail: rnil_gigant@mail.ru
 Kungurtseva Olga Vladimirovna, Head of Sector, PhD in Biology, e-mail: ovk@icrz.ru

* Ответственный за переписку

* Responsible for correspondence

595.768.12.632.951(470.2)

ОСОБЕННОСТИ РАССЕЛЕНИЯ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА НА ПОСАДКАХ КАРТОФЕЛЯ И ОБРАБОТКИ ИНСЕКТИЦИДАМИ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ РОССИИ

Н.И. Наумова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Со времени проникновения колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say). на посадки картофеля Северо-Запада России с этим опасным вредителем ежегодно проводятся истребительные мероприятия, однако весной он снова появляется и наносит значительный вред культуре, что не снижает актуальности темы исследований и необходимости решения основной задачи исследований – установления важнейших факторов влияющих на его расселение на территории Северо-Западного региона РФ. В статье проведен анализ материалов по влиянию ежегодных обработок посадок картофеля инсектицидами на расселение колорадского жука в следующий за ними вегетационный период для Новгородской и Ленинградской областей. Исходными данными послужили годовые отчеты областных СТАЗР, ФГБУ “Россельхозцентр”, карантинных инспекций и показатели климатических

условий (“Агроклиматических бюллетеней” для Новгородской и Ленинградской областей) начиная с 1971 года, а также наблюдения и опытные данные автора. 20-летние исследования позволили установить, что проводимые на больших площадях обработки инсектицидами защищают посадки картофеля только в этот год, однако, на следующий вегетационный период масштаб расселения вредителя определяют погодные условия мая и июня.

Ключевые слова: колорадский жук, расселение, климатические условия, обработки инсектицидами.

Колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say) давно преодолел границу ранее прогнозирувавшихся пределов территории, которую он может заселить, несмотря на интенсивно проводимые мероприятия по защите растений. По-видимому, это один из примеров, когда какой-либо вид насекомого так интенсивно расширил свой ареал обитания. Его территориальная экспансия не ослабевает и в наши дни, несмотря на комплекс карантинных, профилактических и истребительных мер [Вилкова и др., 2002, 2005].

Влияние погодных условий на развитие и расселение колорадского жука отмечали многие исследователи [Журавлев, 1983, Вольвач, 1987].

Наши исследования, проведенные в Новгородской области начиная с 1971 года, позволили установить, что стимулирующее влияние благоприятных погодных условий на жука не смогли нейтрализовать даже проведенные в начальный период заселения сплошные химические обработки посадок картофеля [Наумова, 2008]. Одним из примеров может быть 1981 год, когда было обработано инсектицидами на территории области 5.5 тыс. га, но заселенная жуком площадь не только не уменьшилась с 24.3% (от общей площади посадок), а, наоборот, возросла в 1982 году до 30.8% (5.7 тыс. га).

Влияние химических обработок посадок картофеля на дальнейшее расселение вредителя в Новгородской области прослеживается с 1985 по 2005 годы (рис.1). Показано, что в некоторые годы, несмотря на обработку инсектицидами всех заселенных фитофагом посадках картофеля, на следующий вегетационный период вредитель заселял еще большую площадь. Так, если в 1985 году площадь обработки инсектицидами составила 1.8 тыс. га из 1.7 тыс. га заселенных вредителем, то в 1986 году жук был выявлен уже на 3.5 тыс. га. В 1987 и 1988 годах отмечено снижение площади поврежденных жуком посадок картофеля, но в 1989 году площадь расселения фитофага возросла до 4.7 тыс. га.

С 1990 года снова идет снижение занятой вредителем площади, но и за эти годы прямой зависимости расселения от обработок инсектицидами не прослеживается, как и за период с 1997 года (рис.1). Что же определяет объемы посадок картофеля занимаемых жуком весной и в начале лета?

Проведенный нами анализ показателей климатических предикторов на территории Новгородской области за 20-летний период наблюдений позволил установить, что определяющим расселение фитофага фактором является температура воздуха за май и июнь. Именно в эти два месяца идет интенсивная миграция колорадского жука с мест зимовки в поисках пищи.

Нами установлено, что в годы со средней температурой воздуха мая-июня 12,3–13,1°C, заселенность посадок картофеля вредителем уменьшалась (1985, 1987, 1990, 1994, 2001, 2004 гг.) по сравнению с предшествующим сезоном [Наумова и др., 2014].

В то же время, всем максимальным значениям заселенной вредителем площади картофеля соответствует средняя температура за май – июнь значительно превышающая

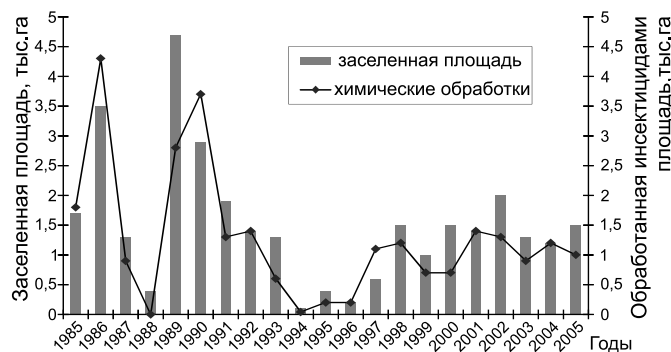


Рисунок 1. Соотношение площади, заселенной колорадским жуком и обработанной инсектицидами по Новгородской области (1985–2005 гг.)

среднюю многолетнюю за эти месяцы (13,9°C для Новгородской области в 2005 г.). Расширение площади картофеля, заселенной фитофагом на следующий вегетационный период после проведенных обработок инсектицидами, можно было наблюдать в 1998, 2000, 2002, 2005 годы (рис. 2).



Рисунок 2. Соотношение площади заселенной колорадским жуком и обработанной инсектицидами по Ленинградской области (1985–2005 гг.)

Следует отметить, что все химические обработки против колорадского жука, которые проводились на территории Новгородской области, по данным службы защиты растений и нашим наблюдениям имели высокую эффективность. За этот период для обработок использовали инсектициды из разных химических классов (фосфорорганические соединения, пиретроиды, неоникотиноиды), их биологическая эффективность была высокой. В год обработки это позволяло полностью защитить посадки картофеля от фитофага, а потери урожая были минимальными.

Обобщение и анализ всех полученных данных позволили констатировать, что проведение химической защиты картофеля сокращает численность личинок и имаго вредителя на обработанных площадях и позволяет сохранить урожай. Однако применение инсектицидов не является фактором, который определяет масштабы расселения фитофага на следующий вегетационный период, если погодные условия для его развития благоприятны [Наумова, 2008]. Аналогичные выводы были получены и по Ленинградской области.

По данным Ленинградской областной службы защиты растений за 2001 – 2005 годы обработки инсектицидами даже превосходили объемы посадок картофеля, на которых жук уже присутствовал, но на следующий вегетационный период он занимал не меньшую площадь (рис.2). Так, после обработки инсектицидами в 2003 году 2.5 тыс. га из 2.7 тыс. га, заселенных вредителем, в 2004 году фитофаг занял уже 3.9 тыс. га. Мероприятия по защите растений в 2004 году также незначительно повлияли на расселение жука в 2005 году. В этот год он был выявлен при обследовании на 3.2 тыс. га картофеля (рис.2).

Снижение температуры воздуха ниже среднегодовых показателей за май – июнь (12,3°C для Ленинградской области, 2005 г.) приводило к резкому снижению численности вредителя в эти годы на посадках картофеля [Наумова, 2008], что можно проследить на графике, когда в 1987, 1988, 1993, 1996, 1997 годах жук не был выявлен при обследовании полей.

Plant Protection News, 2015, 3(85), p. 53 – 55

FEATURES OF COLORADO POTATO BEETLE SPREAD ON POTATO PLANTINGS AND ITS INSECTICIDE CONTROL IN THE NORTHWEST REGION OF RUSSIA

N.I. Naumova

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

Since the invasion of the Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) on potato plantings in Northwest Russia, the control of this pest is needed every year; however, it appears again next spring and causes significant damage to the culture. The main objective of this work is to establish the most important factors influencing the resettlement of the pest in the Northwest of Russia. The influence of annual treatments of potato by insecticides against the Colorado potato beetle in the Novgorod and Leningrad regions is analyzed. The initial data are the annual reports of the regional Plant Protection Stations and indicators of weather conditions since 1971, as well as observation and experimental data of the author. The 20-year period of observations has revealed that the large-scale insecticide treatments protect potato plantings just one year. The weather conditions of May and June determines the scale of the pest resettlement.

Keywords: Colorado potato beetle; invasion; weather conditions; insecticide treatment; Northwest Russia.

Библиографический список (References)

- Вилкова Н.А. Устойчивые сорта и средства защиты растений как индукторы микроэволюционных процессов у насекомых-фитофагов / Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Фасулати С.Р. // Информационный бюллетень ВПРС МОББ. СПб., 2002. N 32. С. 194–204.
- Вилкова Н.А. Стратегия защиты сельскохозяйственных растений от адвентивных видов насекомых-фитофагов на примере колорадского жука / Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Фасулати С.Р. // Вестник защиты растений. СПб., Пушкин, 2005. N 3. С. 3–15.
- Вольвач В.В. Моделирование влияния агрометеорологических условий на развитие колорадского жука / Вольвач В.В. Л.: Гидрометеоздат. 1987. 239 с.
- Журавлев В.Н. Экологические предпосылки вредности колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) / Журавлев В.Н. // 8 Международный конгресс по защите растений (тезисы докладов). М.: 1975. С. 282–283.
- Наумова Н.И. Колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say) и защита картофеля от вредителя в различных условиях земледелия на Северо-Западе Российской Федерации : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Наумова Надежда Ивановна. СПб., 2008. 20 с.
- Наумова Н.И. Факторы, определившие расселение колорадского жука на посадках картофеля в Северо-Западном регионе России / Наумова Н.И., Фасулати С.Р. // Вестник защиты растений. СПб., Пушкин, 2014. N 4. С. 32–35.
- Fischer H. Kartoffelkafer auch 1965 gefahrloch / Fischer H., Thran P. // Mitt. BI.Y.1965. I. 80, H.13. S.550–552.

Translation of Russian References

- Naumova N.I. Colorado beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) and protection of potatoes against the pest in various conditions of land use in the Northwest of the Russian Federation. Abstract of PhD Thesis. St. Petersburg, 2008. 20 p. (In Russian).
- Naumova N.I., Fasulati S.R. Factors defined moving the Colorado beetle on landings of potatoes in the Northwest region of Russia. Vestnik zashchity rastenii. St. Petersburg, Pushkin, 2014. N 4. P. 32–35. (In Russian).
- Vilkova N.A., Sukhoruchenko G.I., Fasulati S.R. Resistant grades and means of plant protection as inductors of microevolutionary processes in insects phytophages. Informatsionnyi byulleten' VPRS MOBB. St. Petersburg, 2002. N 32. P. 194–204. (In Russian).
- Vilkova N.A., Sukhoruchenko G.I., Fasulati S.R. Strategy of agricultural plant protection from adventive species of insect phytophages on the example of the Colorado beetle. Vestnik zashchity rastenii. St. Petersburg, Pushkin, 2005. N 3. P. 3–15. (In Russian).
- Vol'vach V.V. Modeling influence of agricultural meteorology conditions on development of Colorado beetle. Leningrad: Gidrometeoizdat. 1987. 239 p. (In Russian).
- Zhuravlev V.N. Ecological prerequisites of the Colorado beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) harmfulness. In: 8 Mezhdunarodnyi kongress po zashchite rastenii (tezisy dokladov). Moscow: 1975. P. 282–283. (In Russian).

Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург – Пушкин, Российская Федерация
Наумова Надежда Ивановна. Научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: nin@icZR.ru

Information about the author

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg – Pushkin, Russian Federation
Naumova Nadezhda Ivanovna, Researcher, PhD in Biology, e-mail: nin@icZR.ru

УДК: 632.4 : 57.083.18

ИНСЕКТИЦИДНЫЕ СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ФИТОПАТОГЕННЫХ АСКОМИЦЕТОВ**А.О. Берестецкий, Л.С. Аполлонова, С.В. Сокорнова, Т.Д. Черменская***Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Проведена первичная оценка инсектицидной активности фитопатогенных аскомицетов по отношению к виковой тле (*Megoura viciae*). Культуральный фильтрат девяти (45%) из 20 изученных изолятов грибов проявил инсектицидную активность по отношению к виковой тле (*Megoura viciae*). Экстракты из культурального фильтрата и мицелия патогена мака *Brachycladium paraveris* показали более высокую афицидную активность, чем эталонный коммерческий инсектицид. Таким образом, фитопатогенные аскомицеты могут являться продуцентами инсектицидных метаболитов.

Ключевые слова: фитопатогены, аскомицеты, афицидная активность, виковая тля.

О взаимоотношениях грибов и насекомых известно достаточно много. С одной стороны, грибы (преимущественно аскомицеты) являются первичными или вторичными патогенами насекомых, с другой стороны, некоторые виды насекомых – мицетофаги. Кроме того, крайне интересны и недостаточно изучены отношения между насекомыми-фиитофагами и фитопатогенными грибами. Занимая одну экологическую нишу – определенный орган растения-хозяина, – они, как правило, конкурируют за субстрат [Hatcher, 1995; Kluth et al., 2002; Dickson, Mitchell, 2010]. Насекомые могут быть переносчиками спор грибов, что на практике интересно для биологической борьбы с сорняками, либо для разработки профилактических мер борьбы с заболеваниями культурных растений [Hill et al., 2003; Feldman et al., 2008]. Много работ посвящено устойчивости растений к патогенам, индуцированной насекомыми, и наоборот [Moultet et al., 2011; Voucias et al., 2012].

Полагают, что патогенность для насекомых среди сумчатых и несовершенных грибов (в том числе, фитопатогенных) не является редким, необычным феноменом [Борисов и др., 2001]. Так, из культурального фильтрата, полученного в результате ферментации возбудителя сетчатой пятнистости листьев ячменя (*Pyrenophora teres*) на

ряде жидких питательных сред, выделен и в 1996 г. запатентован ряд инсектицидных метаболитов [Manker et al., 1996]. У некоторых фитопатогенных грибов выявлены метаболиты с инсектицидными свойствами, характерные для энтомопатогенов. Так, деструксин В отвечает за патогенные свойства фитопатогенного гриба *Alternaria brassicae* и энтомопатогенного гриба *Metarhizium anisopliae* [Vey et al., 2001]. Фоменол обнаружен у *Nigrospora sacchari* и *Hirsutella thompsonii* var. *synnematososa* [Fukushima et al., 1998], боверицин – у *Beauveria bassiana*, видов *Isaria* и некоторых фитопатогенных видов рода *Fusarium* [Wang, Xu, 2012]. Эти данные предполагают неизученную до сих пор возможную эволюционную связь между некоторыми видами энтомопатогенных и фитопатогенных грибов, а также более широкую представленность продуцентов-хеморегуляторов поведения насекомых среди микроорганизмов филлосферы.

Целью данного исследования было проведение первичной оценки инсектицидной активности фитопатогенных аскомицетов по отношению к виковой тле (*Megoura viciae* Buckton) и определение дальнейших перспектив поиска и изучения хеморегуляторов поведения насекомых, образуемых упомянутой группой грибов.

Материалы и методы

Для изучения инсектицидной активности использовали 20 изолятов фитопатогенных грибов из рабочей коллекции лаборатории микологии и фитопатологии ВИЗР (табл. 1). Четыре из них отобрали для определения влияния продолжительности культивирования на их афицидную активность (табл. 2). Штамм *Brachycladium paraveris* N 30 был использован для изучения инсектицидной активности его экстрактов в сравнении с коммерческим ботаническим инсектицидом нимацаль (*Neemazal* TS, *Trifolium*, Германия).

Грибы культивировали в 100-мл конических колбах на двух жидких питательных средах (25 мл/колбу): глюкозо-аспаргиновой среде (ГА) и синтетической среде М-1-D. Культуры грибов инкубировали стационарно 3 недели при переменном освещении (12 ч в день) и постоянной температуре 24°C. Для биологической оценки использовали супернатант, полученный в результате центрифугирования культуральной жидкости 10 мин при 14000 об/мин. Определение антибиотической активности проводили методом бумажных дисков.

Гриб, показавший максимальную афицидную активность, культивировали 14 суток на жидкой питательной среде М-1-D общим объемом 1 л. После отделения биомассы на фильтровальную бумагу культуральный фильтрат (850 мл) последовательно экстрагировали гексаном, хлористым метилом, диэтиловым эфиром и этилацетатом по 300 мл дважды. Высушенный мице-

лий вместе с фильтровальной бумагой экстрагировали 96% этанолом объемом 100 мл сначала 1 час, затем – 1 сутки. Растворители отгоняли на ротормном испарителе, после чего оценивали инсектицидную активность полученных экстрактов. Хроматографическое разделение экстрактов проводили при помощи ТСХ в системе гексан-ацетон-уксусная кислота (70:30:1); хроматограммы проявляли 10%-м раствором серной кислоты в этаноле при температуре 110°C.

Для определения контактной инсектицидной активности культурального фильтрата и экстрактов грибов использовали лабораторную культуру виковой тли (*Megoura viciae*), которую содержали при температуре 24°C и 16-часовом световом дне на проростках бобов.

Для первичной оценки инсектицидной активности грибов использовали культуральный фильтрат, которым пропитывали диски фильтровальной бумаги диаметром 3,6 см (250 мкл/диск) в пластиковой чашке Петри диаметром 4 см. Затем в чашки вносили личинок тли старшего возраста (около 20 особей/чашку). В качестве контроля использовали чистые питательные жидкие среды.

Для оценки инсектицидной активности экстрактов на фильтровальную бумагу наносили 250 мкг сухого вещества в ацетоне (в контроле – только растворитель), после упаривания которого бумагу пропитывали 250 мкл дистиллированной воды и перено-

силы в чашку Петри. В качестве эталона (положительного контроля) – 0.4%-й раствор препарата нимацаль. Опыт выполнен в 4 повторностях. Через 4 часа инкубации при искусственном

освещении и температуре 24°C проводили учет уровня смертности тли. О биологической эффективности экстрактов судили по среднему проценту гибели вредителя по сравнению с контролем.

Результаты и обсуждение

Культуральный фильтрат девяти (45%) из 20 изученных изолятов вызывал гибель тли. При культивировании грибов на среде ГА выявлено 6 потенциальных продуцентов инсектицидных веществ, на среде М-1-Д – 7. Заметную инсектицидную активность (более 30% погибших особей) проявил культуральный фильтрат пяти изолятов грибов: *Ascochyta* sp. N 8, *Phoma exigua* N 23, *Phoma* sp. K-44, *Septoria* sp. N 27, *Verticillium dahliae* N 33. Однако 100%-ю гибель насекомых не наблюдали. Важно отметить афицидную активность двух изолятов грибов из рода *Septoria*, относящихся к типичным патогенам растений (табл. 1). Химия грибов этого рода изучена недостаточно, чтобы предполагать наличие каких-либо инсектицидных веществ. Не известны также и данные о инсектицидной активности *Phoma exigua* и *V. dahliae*. Антибиотическая активность культурального фильтрата грибов к *B. subtilis* была слабой (зона лизиса не более 6 мм) или отсутствовала, поэтому трудно говорить о какой-либо её связи с афицидной активностью (табл. 1).

Таблица 1. Афицидная и антибактериальная активность 3-недельного культурального фильтрата 20 изолятов грибов в зависимости от состава жидкой питательной среды

Вид гриба	Изолят*	Тест-организм			
		<i>Megoura viciae</i> (обездвиженные особи, % к контролю)		<i>Bacillus subtilis</i> (зона лизиса, мм)	
		ГА	М-1-Д	ГА	М-1-Д
<i>Alternaria simmonsii</i>	S-142	0	20	0	0
<i>Ascochyta pisi</i>	N 1	20	0	0	0
<i>Ascochyta</i> sp.	S-6/ N 8	0	35	0	0
<i>Brachycladium papaveris</i>	P-1.39/30	16	30	0	0
<i>Phoma chenopodiicola</i>	N 6	0	0	3.3	0
<i>Phoma exigua</i>	N 23	0	38	1.5	0
<i>Phoma exigua</i>	C-240/ N 35	0	0	2.5	5.0
<i>Phoma</i> sp.	K-44	10	44	0	0
<i>Septoria sonchi</i>	S-9.206.3	26	10	0	0
<i>Septoria</i> sp.	N 27	42	0	0	0
<i>Verticillium dahliae</i>	C-310/N 33	46	50	0	5.8
Контроль		0	5	0	0

* Не отмечена афицидная и антибактериальная активность у изолятов: C-363 *Alternaria cirsinoxia*, S-106 *A. sonchi*, N 15 *A. tenuissima*; S-112 *Ascochyta tussilaginis*; S-129 *Botryosphaeria* sp.; N S-12911 *Colletotrichum lupini*; 15-11/ N 19 *Phoma sanguinolenta*; K-85/N 36 *Pseudosphaerulina cannabina*; S-47/N 32 *Stagonospora cirsi*.

В повторном эксперименте с использованием 4 изолятов отобранных грибов наибольшая афицидная активность была зафиксирована у двухнедельного культурального фильтрата *B. papaveris* N 30. При культивировании гриба на среде М-1-Д афицидная активность культурального фильтрата была около 40%, на среде – более 60%. Активность культурального фильтрата остальных грибов

не превышала 25%. Причём, при культивировании грибов на среде М-1-Д она была в среднем выше, чем на среде ГА. Пик активности у различных изолятов грибов проявлялся в различные сроки культивирования; в частности, у *B. papaveris* – на 14 сутки роста (табл. 2). *B. papaveris* – возбудитель гельминтоспориоза мака снотворного перспективен как потенциальный микогербицид против него [O'Neill et al, 2000; Гасич и др., 2011]. Данные о возможных трофических связях *B. papaveris* с насекомыми в литературе отсутствуют.

Таблица 2. Афицидная активность (% к контролю) культурального фильтрата фитопатогенных грибов по отношению к виковой тле

Гриб	Среда	Срок культивирования, недель			
		1	2	3	4
<i>Ascochyta</i> sp. 8	ГА	7.6	0	1.3	8.8
	М-1-Д	13.3	8.4	7.6	11.3
<i>Alternaria simmonsii</i> S-142	ГА	7.6	3.6	7.5	2.5
	М-1-Д	5.0	10.2	25.3	3.7
<i>Brachycladium papaveris</i> N 30	ГА	5.7	43.6	6.3	3.8
	М-1-Д	15.0	64.4	11.3	0
<i>Verticillium dahliae</i> N 33	ГА	7.6	7.2	5	2.9
	М-1-Д	16.7	5.1	5.1	1.6

Чтобы подтвердить способность отобранных изолятов грибов образовывать инсектицидные метаболиты в качестве модельного микроорганизма использовали изолят *B. papaveris* N 30. Из культурального фильтрата и мицелия двухнедельной культуры гриба были получены экстракты для оценки их активности. Максимальную инсектицидную активность (более 75%) показал гексановый экстракт из культурального фильтрата. Активность других экстрактов из культурального фильтрата не превышала 18%. Высокую биологическую эффективность (около 60%) проявил этанольный экстракт из мицелия гриба. В положительном контроле – при использовании коммерческого природного инсектицида – гибель тли была на уровне 50%. В контроле смертность насекомых была не выше 17.5% (табл. 3). В дальнейшем необходимо выделение индивидуальных соединений из нативной жидкости и ми-

Таблица 3. Биологическая эффективность экстрактов (0.1%) из культурального фильтрата и мицелия *Brachycladium papaveris* N 30, выращенного на среде М1Д

Экстракт	Выход, мг/мл	Смертность тли, %	Биологическая эффективность, % к контролю
Гексановый	9.2	78.8 a	74.3
Хлористометиленовый	5.9	20.0 b	3.0
Эфирный	4.4	32.5 c	18.2
Этилацетатный	17.2	27.5 bc	12.1
Водный остаток	-	36.3 c	22.8
Этанольный (мицелия)	-	66.3 d	59.2
Neemazal TS 0,4%	-	48.8 cd	-
Контроль	-	17.5 b	-

Примечание. Значения, отмеченные разными буквами, существенно различаются при p<0.05.

целия гриба и подтверждение их афицидной активности. Известно также, что экстракты, полученные из нативной жидкости и мицелия *B. papaveris*, проявляют также фитотоксическую и антифунгальную активность [Титова и др., 2013], что увеличивает интерес к дальнейшему исследова-

нию метаболитов гриба.

Таким образом, на основании проведенных исследований экспериментально показана потенциальная возможность фитопатогенных аскомицетов образовывать инсектицидные метаболиты.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 12-04-00853).

Plant Protection News, 2015, 3(85), p. 56 – 58

INSECTICIDAL PROPERTIES OF PHYTOPATHOGENIC ASCOMYCETES

A.O. Berestetskiy, L.S. Apollonova, S.V. Sokornova, T.D. Chermenskaya

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

Insecticidal activity of phytopathogenic ascomycetes (20 isolates) was evaluated using *Megoura viciae* as a test model. Culture filtrate of 9 isolates (45% of the total amount) showed aphicide activity. Extracts obtained from culture filtrate and mycelium of *Brachycladium papaveris*, a pathogen of *Papaver* spp., were significantly more active than an etalon commercial botanic insecticide. These data shows a potential ability of plant pathogenic fungi to produce insect regulators.

Keywords: plant pathogen; ascomycete; aphicide activity; *Megoura viciae*.

Библиографический список (References)

- Борисов Б.А., Серебров В.В., Новикова И.И., Бойкова И.В. Энтмопатогенные аскомицеты и дейтеромицеты. Патогены насекомых: структурные и функциональные аспекты. Под ред. В.В. Глупова. М.: Круглый год, 2001. С. 352–427.
- Гасич Е.Л., Ганнибал Ф.Б., Берестецкий А.О., Казарцев И.А., Хлопунова Л.Б., Терлецкий В.М., Бекяшева Е.Н. Таксономически значимые признаки *Crivellia papaveracea* и *Brachycladium papaveris* — патогенов мака, обнаруженных в России и Украине // Микология и фитопатология, 2013. 47. С. 240–251.
- Титова Ю.А., Шенин Ю.Д., Павлюшин В.А., Краснобаева И.Л. Вторичные эндометаболиты штамма *Brachycladium papaveris* 1.39 и его реиндолы // Микология и фитопатология. 2013. 47. С. 266–273.
- Boucias D. G., Lietze V.-U., Teal P. Chemical signals that mediate insect-fungal interactions // Biocommunication of Fungi. Ed. G. Witzany. Dordrecht, Heidelberg, New-York, London: Springer. 2012. P. 305–336.
- Dickson T.L., Mitchell C.E. Herbivore and fungal pathogen exclusion affects the seed production of four common grassland species // PLoS ONE. 2010. 5, e12022.
- Feldman T. S., O'Brien H. E., Arnold A. E. Moths that vector a plant pathogen also transport endophytic fungi and mycoparasitic antagonists // Microb. Ecol. 2008. 56. P. 742–750.
- Fukushima T., Tanaka M., Gohbara M., Fujimori T. Phytotoxicity of 3 lactones from *Nigrospora sacchari* // Phytochemistry. 1998. 4. P. 625–630.
- Hatcher P.E. Three-way interactions between plant pathogenic fungi, herbivorous insects and their host plants // Biological Reviews. 1995. 70. P. 639–694.
- Hill R.L., Fowler S.V., Wittenberg R., Barton J., Casonato S., Gourlay A.H., Winks C. *Phytomyza vitalbae*, *Phoma clematidina*, and insect-plant pathogen interactions in the biological control of weeds. In: Proceedings of the XI International Symposium on Biological Control of Weeds (eds.: Cullen, J.M., Briese, D.T. Criticos, D.J., Lonsdale, W.M., Morin, L. and Scott, J.K.), Canberra, Australia: CSIRO Entomology. 2003. P. 48–56.
- Kluth S., Kruess A., Tschirntke T. Insects as vectors of plant pathogens: mutualistic and antagonistic interactions // Oecologia, 2002, 133, P. 193–199.
- Manker D. C., Rosendahl C. N., Heide M., Bachmann T. L., Nielsen R. I. Fungicidal and insecticidal compounds and compositions derived from fungal strains of *Pyrenophora teres*. United States Patent № 5491122, 1996.
- Mouttet R., Bearez P., Thomas C., Desneux N. Phytophagous arthropods and a pathogen sharing a host plant: evidence for indirect plant-mediated interactions. PLoS ONE, 2011, 6, e18840.
- O'Neill, N. R., Jennings, J. C., Bailey, B. A., Farr, D. F. *Dendryphon penicillatum* and *Pleospora papaveracea*, destructive seedborne pathogens and potential mycoherbicides for *Papaver somniferum*. // Phytopathology, 2000. 90. P. 691–698.
- Vey A., Hoagland R., Butt T.M. Toxic metabolites of fungal biocontrol agents // Fungi as biocontrol agents. Wallingford: CAB International. 2001. P. 311–345.
- Wang Q., Xu L. Beauvericin, a bioactive compound produced by fungi: a short review // Molecules, 2012. 17. P. 2367–2377.

Translation of Russian References

- Borisov B.A., Serebrov V.V., Novikova I.I., Boikova I.V. Entomopathogens of ascomycetes and deuterocetes. In: Pathogens of insects: structural and functional aspects. Pod red. V.V. Glupova. Moscow: Kruglyi god, 2001. P. 352–427. (In Russian).
- Gasich E.L., Gannibal F.B., Berestetskiy A.O., Kazartsev I.A., Khlopuнова L.B., Terletskii V.M., Bekyasheva E.N. Taxonomically significant characters of *Crivellia papaveracea* and *Brachycladium papaveris* - poppy pathogens found in Russia and Ukraine. Mikologiya i fitopatologiya, 2013. 47. P. 240–251. (In Russian).
- Titova Yu.A., Shenin Yu.D., Pavlyushin V.A., Krasnobaeва I.L. Secondary endometabolites of of *Brachycladium papaveris* 1.39 strain and its reisolates. Mikologiya i fitopatologiya. 2013. 47. P. 266–273. (In Russian).

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург – Пушкин, Российская Федерация
 *Берестецкий Александр Олегович. Зав. лабораторией, кандидат биологических наук, e-mail: aberestetski@yahoo.com
 Сокорнова Софья Валерьевна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: mymryk@gmail.com
 Черменская Таисия Дмитриевна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: tchermenskaya@yandex.ru
 Аполлонова Лариса Станиславовна

* Ответственный за переписку

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg – Pushkin, Russian Federation
 *Berestetskiy Alexander Olegovich. Head of Laboratory, PhD in Biology, e-mail: aberestetski@yahoo.com
 Sokornova Sof'ya Valerievna. Senior Researcher, PhD in Biology, e-mail: mymryk@gmail.com
 Chermenskaya Taisiya Dmitrievna. Senior Researcher, PhD in Biology, e-mail: tchermenskaya@yandex.ru
 Apollonova Larisa Stanislavovna

* Responsible for correspondence

УДК 632.51 (470.23)

ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**Е.Н. Белоусова, Н.Н. Лунева, Т.Д. Соколова***Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Жизненные формы (ЖФ) являются концентрированным морфологическим выражением экологической специализации видов. Изучение состава ЖФ позволяет глубже понять экологические процессы в экосистемах. С этой целью проведен анализ жизненных форм сорных растений и оценка их флористического сходства. Материал собран в сеgetальных и рудеральных местообитаниях Ленинградской области в 2014 году методом маршрутного обследования. Анализ проводился в соответствии с классификациями К. Раункиера [1905] и И.Г. Серебрякова [1962]. Всего собрано 160 видов сорных растений, из которых на полях – 117, на обочинах полей – 125, на полевых дорогах – 112, на обочинах автодорог – 80. Установлено преобладание многолетников гемикриптофитов во всех местообитаниях с максимумом на обочинах автодорог. Напротив, однолетние сорняки преобладали на полях, наименьшая их доля отмечена на обочинах автодорог. Отмечен высокий процент флористического сходства полей и окружающих биотопов, причем среди многолетних сорных растений это сходство больше, чем среди однолетних. Это позволяет предположить, что именно многолетние сорняки, находящиеся в окружающих поле биотопах, являются основным источником заселения полей. Для предотвращения заселения агроценозов сорными растениями необходимо своевременно применять соответствующие агротехнические методы в окружающих поле биотопах.

Ключевые слова: сорные растения, жизненная форма, флористическое сходство.

Изучение жизненных форм живых организмов имеет большое значение, поскольку при этом исследуются наиболее важные экологические адаптации. К настоящему времени предложено множество классификаций жизненных форм растений. Современными исследователями чаще других используются системы К. Раункиера [1905] и И.Г. Серебрякова [1962], которыми мы также воспользо-

вались в своей работе. К. Раункиер использовал для классификации жизненных форм растений единственный, но имеющий большое приспособительное значение признак, – положение почек возобновления по отношению к поверхности почвы. И.Г. Серебряков предложил классификацию, основанную на структуре и длительности жизни надземных скелетных осей растений.

Методика исследований

Материалом для работы послужили сборы сорных растений в сеgetальных и рудеральных местообитаниях Ленинградской области в 2014 году. Методом маршрутного обследования [Лунева, 2009] были изучены сеgetальные (поля) и рудеральные (обочины полей, полевые дороги и обочины автодорог) место-

обитания. Обработка результатов при анализе жизненных форм проводилась с помощью программы, созданной в среде управления базами данных FoxPro 9.0. Для анализа флористического сходства использовался коэффициент Т. Сёрнсена [1948].

Результаты исследования

Всего было собрано 160 видов сорных растений, из которых на полях – 117, на обочинах полей – 125, на полевых дорогах – 112, на обочинах автодорог – 80.

Анализ жизненных форм по продолжительности жизни показал, что во всех местообитаниях преобладают многолетники, причем наименьший процент отмечен на полях (40.3%), максимальный – на обочинах автодорог (47.6%). Для однолетников наблюдалась обратная пропорция – максимальное количество отмечено на полях (36.1%), а минимальное на обочинах автодорог (27.2%). Преобладание многолетников свидетельствует о сформированности сообществ, в состав которых они входят [Глеукунова, Гаврилькова, 2009]. Изменение пропорций “однолетник-многолетник” отражает влияние агротехнологий на формирующийся фитоценоз. Например, увеличение доли однолетников до 81% в посевах кукурузы (Белгородская область) рассматривалось как результат сильного воздействия на многолетники системы обработки почвы [Ковалева и др., 2013].

Доля мезотрофов несколько превышает долю эвтрофов во всех изученных местообитаниях. Некоторое увеличение эвтрофов и нитрофилов отмечено на полях, как наиболее плодородных стациях.

Светолюбивых сорных растений в полевых стациях оказалось почти в 3 раза больше, чем теневыносливых (72.4% против 27.6%), тогда как вдоль обочин автодорог только в 2 раза (66.1% против 33.9%).

Таблица 1. Структура жизненных форм сорных растений Ленинградской области, %

Факторы	Жизненная форма	Поле	Обочина на поля	Дорога полевая	Обочина автодороги
Продолжительность жизни	Многолетние	40,3	46,1	42,6	47,6
	Двухлетние	22,9	22,0	21,3	25,2
	Однолетние	36,1	31,2	35,5	27,2
	Эфемеры	0,7	0,6	0,7	0
Влажность среды обитания	Гидрофиты	0	0	0,7	0
	Гелофиты	0	0	0,7	0
	Гигрофиты	16,6	16,7	16,3	14,7
	Мезофиты	71,3	70,2	69,3	72,5
	Ксерофиты	12,1	13,1	13,1	12,8
Свет	Светолюбивые	72,4	71,3	73,6	66,1
	Теневыносливые	27,6	28,7	26,4	33,9
	Тенелюбивые	0	0	0	0
Характер питания	Олиготрофы	2,9	4,8	3,5	4,0
	Мезотрофы	43,7	46,3	47,1	45,2
	Эвтрофы	43,7	40,4	39,5	41,9
	Нитрофилы	8,6	7,4	8,1	7,3
	Кальцефилы	1,1	1,1	1,7	1,6
По Раункиеру	Хамефиты	3,3	3,0	2,5	3,4
	Гемикриптофиты	45,9	50,0	47,1	51,7
	Терофиты	38,5	33,6	35,5	28,7
	Геофиты	8,2	9,0	9,9	10,3
	Гемитерофиты	4,1	4,5	5,0	5,7

Доля мезофитов значительно превышает долю гигрофитов и ксерофитов: 70.1% против 16.1% и 12.8% соответственно.

В спектре жизненных форм по системе Раункиера явно преобладают гемикриптофиты (до 52%). При распределении жизненных форм растений по климатическим зонам К. Раункиер [1907] отмечал, что умеренно холодные области Голарктики имеют «климат гемикриптофитов», что не раз впоследствии подтверждалось другими авторами [Красноперова, 2006; Айпеисова, 2009]. Наименьшее количество гемикриптофитов отмечалось на полях (45.9%), наибольшее – на обочинах автодорог (51.7%). Однолетних терофитов больше всего оказалось на полях (38.5%), а меньше всего – на обочинах автодорог (28.7%), что вполне объяснимо большей конкурентоспособностью однолетних растений в условиях интенсивного земледелия.

Анализ флористического сходства полей и окружа-

ющих биотопов показал, что среди многолетних сорных растений это сходство больше, чем среди однолетних (см. табл. 2). Это позволяет предположить, что именно многолетние сорняки, находящиеся в более благоприятных условиях в окружающих поле биотопах, являются основным источником заселения полей.

Таблица 2. Флористическое сходство многолетних/однолетних сорных растений полей и окружающих биотопов Ленинградской области, коэффициент Сёренсена

	Поле	Обочина поля	Полевая дорога
Обочина поля	0.85/0.80		
Полевая дорога	0.78/0.80	0.85/0.82	
Обочина автодороги	0.60/0.44	0.70/0.52	0.62/0.48

Выводы

Среди сорных растений Ленинградской области преобладающими жизненными формами оказались многолетние гемикриптофиты, которые являются светолюбивыми мезотрофами. Высокий уровень флористического сходства многолетних сорных растений полей и окружающих биотопов позволяет предположить, что именно многолетние сорняки, не подвергающиеся регулярной вспашке в окру-

жающих поле биотопах, являются основным источником заселения полей. Максимальное количество видов сорных растений концентрируется на обочинах полей. Для предотвращения заселения агроценозов сорными растениями необходимо своевременно применять соответствующие агротехнические методы в окружающих поле биотопах.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант N 14-04-00-285).

Plant Protection News, 2015, 3(85), p. 59 – 61

VITAL FORMS OF WEED VEGETATION IN THE LENINGRAD REGION

E.N. Belousova, N.N. Luneva, T.D. Sokolova

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

The Vital Forms (VF) are the concentrated morphological expression of ecological specialization of species. Studying VF structure allows deeper understanding of ecological processes in ecosystems. The analysis of weed vital forms and assessment of their floristic similarity was carried out for this purpose. The material was collected in segetal and ruderal habitats of the Leningrad Region in 2014 by method of route inspection. The analysis was carried out according to K. Raunkiær's [1905] and I.G. Serebryakov's [1962] classifications. In total 160 species of weed plants were collected, including 117 species on fields, 125 – on roadsides of fields, 112 – on field roads, 80 – on roadsides of highways. Prevalence of perennial hemicryptophytes was established in all habitats with a maximum on roadsides of highways. On the contrary, annual weeds prevailed on fields, their smallest share was noted on roadsides of highways. The high percent of floristic similarity of fields and surrounding biotopes was noted, and this similarity among the perennial weed plants was higher, than that among the annual weeds. It follows that the perennial weeds from the surrounding biotopes are the main source of their settling on fields. Weed plants are need in prevention of settling on fields by use of corresponding agrotechnical methods in the surrounding biotopes.

Keywords: weed plant, vital form, floristic similarity.

Библиографический список (References)

- Айпеисова С.А. Анализ жизненных форм растений Актыбинского флористического округа // Вестник ОГУ. 2009. N 4. С. 107–111.
- Лунева Н.Н. Технологичные методы учета и мониторинга сорных растений в агроэкосистемах // Высокопроизводительные и высокоточные технологии и методы фитосанитарного мониторинга. СПб., ВИЗР. 2009. С. 39–56.
- Красноперова Е.М. Экология сорных растений зерновых агрофитоценозов Приобской лесостепи: автореф. дис. . . . канд. биол. наук. Рос. гос. ун-т им. И. Канта, Калининград. 2006. 26 с.
- Ковалева О.Н., Самойленко М.Л., Тохтарь В.К. Сорно-полевая флора в посевах кукурузы на опытном участке Белгородской сельхозакадемии // Фундаментальные исследования, 2013. N11. часть 4. С. 675–678.
- Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высшая школа, 1962. 378 с.
- Сиротюк Э.А. Жизненные формы горчачковых Западного Кавказа: систематический и эколого-ценотический анализ // Вестник Адыгейского государственного университета, 201. серия 4: Естественно-математические и технические науки. Вып. 2. С. 37–45.
- Тлеукинова С.У., Гаврилькова Е.А. Видовой состав сорной растительности окрестностей г. Караганды // www.rusnauka.com/12_KPSN_2009/Biologia/44575.doc.htm
- Raunkiær Ch. Types biologiques pour la géographiy botanique // Forhandl. Kgl. Dansk. Vidensk. Selskab. 1905. T. 5. P. 347–437.
- Raunkiær Ch. Planterigetets Livsformer og deres Betydning for Geografien. — København: Kristiania Lunos, 1907.
- Sörensen T. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content // Kongelige Danske Videnskabernes Selskab. Biol. krifter. 1948. Bd V. N 4. P. 1–34.

Translation of Russian References

- Aipeisova S.A. Analysis of vital forms of plants of the Aktyubinsk floristic district. Vestnik OGU. 2009. N 4. P. 107–111. (In Russian).
- Kovaleva O.N., Samoilenko M.L., Tokhtar' V.K. Weed field flora in maize crops on experimental site of the Belgorod Agricultural Academy.

Fundamental'nye issledovaniya, 2013. N11. chast' 4. P. 675–678. (In Russian).

Krasnoperova E.M. Ecology of weed plants in grain agrophytocenosis in the Cis-Ob River forest-steppe. PhD Thesis. Kaliningrad. 2006. 26 p. (In Russian).

Luneva N.N. Technological methods of the weed account and monitoring in agroecosystems. Vysokoproizvoditel'nye i vysokotochnye tekhnologii i metody fitosanitarnogo monitoringa. St. Petersburg, VIZR. 2009. P. 39–56. (In Russian).

Serebryakov I. G. Ecological morphology of plants. Vital forms of

angiospermous and coniferous plants. Moscow: Vysshaya shkola, 1962. 378 p. (In Russian).

Sirotyuk E.A. Vital forms of Gentianaceae in the Western Caucasus: systematic and ecology-cenosis analysis. Vestnik Adygeiskogo gosudarstvennogo universiteta, 201, seriya 4: Estestvenno-matematicheskie i tekhnicheskie nauki. Vyp. 2. P. 37–45. (In Russian).

Tleukenova S.U., Gavrilkova E.A. Species composition of weed vegetation in vicinities of Karaganda city. URL: www.rusnauka.com/12_KPSN_2009/Biologia/44575.doc.htm. (In Russian).

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург – Пушкин, Российская Федерация
 Белоусова Елена Николаевна. Научный сотрудник,
 e-mail: ibelous@yandex.ru
 *Лунева Наталья Николаевна. Зав. сектором гербологии, кандидат биологических наук, e-mail: natalja.luneva2010@yandex.ru
 Соколова Татьяна Дмитриевна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: s.tatiyna@mail.ru

* Ответственный за переписку

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg – Pushkin, Russian Federation
 Belousova Elena Nikolaevna. Researcher,
 e-mail: ibelous@yandex.ru
 *Luneva Natal'ya Nikolaevna. Head of Sector, PhD in Biology,
 natalja.luneva2010@yandex.ru
 Sokolova Tatyana Dmitrievna. Senior Researcher, PhD in Biology,
 e-mail: s.tatiyna@mail.ru

* Responsible for correspondence

УДК 595.762.2

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПАРТЕНОГЕНЕТИЧЕСКИХ МОРФ ЧЕРЁМУХОВО-ЗЛАКОВОЙ ТЛИ *RHOPALOSIPHUM PADI* (L.) НА РАЗЛИЧНЫХ ОБРАЗЦАХ ПШЕНИЦЫ

Е.С. Гандрабур

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Цель работы – выявление связи формирования численности популяции черёмухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) с особенностями размножения, морфотипическим и онтогенетическим составом потомства у трёх основных партеногенетических морф этого вида, обитающих на вторичных хозяевах (различные генотипы яровой пшеницы). Работа проводилась в вегетационных и полевых условиях. Показано, что начальная скорость репродукции существенно выше у крылатых, чем у бескрылой морфы, что положительно коррелирует с дальнейшей численностью потомства у этих морф и влияет на его состав. Тем не менее, при равной численности особей состав потомства крылатых морф, как правило, более однороден, чем у бескрылых вивипар. Для стандартизации оценки воздействия кормового растения на развитие тлей в вегетационных условиях по их численности рекомендуется проводить заселение растений одновозрастными особями крылатых партеногенетических морф. Одним из показателей уровня численности тлей может быть количество крылатых имаго в потомстве при высокой численности или нимф (крылообразных личинок), когда крылатых имаго ещё нет, при более низкой численности *Rh. padi*. Дана градация продолжительности периода до начала размножения у бескрылых вивипар *Rh. padi* при питании на различных генотипах яровой пшеницы как показателя успешности развития тлей. Усреднённые показатели численности колоний трёх морф *Rh. padi* на различных генотипах пшеницы в вегетационных условиях положительно коррелировали с полученными в поле ($r = 0.7 \pm 0.1$).

Ключевые слова: «эффект скученности», численность, скрининг, состав потомства.

На основе многолетнего изучения механизмов и маркеров иммуногенетической системы растений, проведенного в лаборатории энтомологии и иммунитета растений ВИЗР, обоснована методология выявления устойчивых форм растений по их качественным и количественным параметрам фенотипических свойств и признаков [Вилкова и др., 2003]. При этом большое значение имеет анализ морфофизиологических и этологических особенностей членистоногих. Оценка устойчивости растений к тлям имеет свою специфику, связанную со способом их питания флоэмным соком, когда на развитие насекомых после выбора хозяина в меньшей степени влияет структурированность пищи, как это характерно для насекомых с другими типами питания. Оценка устойчивости растений к тлям, как правило, проводится по разработанной шкале численности особей или колоний, ранжированных по баллам [Вилкова и др., 2003]. Колонии тлей в различные

периоды вегетации кормовых растений имеют различный морфотипический состав, что в определенной мере влияет на формирование их численности. Изменения, происходящие в составе морф в онтогенезе популяций тлей, отражают их исторически сложившиеся взаимоотношения с кормовыми растениями, сформировавшие жизненные циклы. Жизненный цикл тлей включает несколько морф. Каждая из морф отличается не только морфологическими, но и поведенческими, демографическими и другими показателями развития и в связи с этим обладает особенностями во взаимоотношениях с растением-хозяином и нанесении вреда. [Shaposhnikov, 1986; Powel, Hardie, 2001; Верещагина, 2008; Webster, 2012]. Взаимосвязи формирования численности и состава потомства в эпигенезе различных морф тлей изучены еще недостаточно. Такие исследования необходимы для стандартизации методов отбора устойчивых к ним сортов и сортоизучения.

Цель работы – определение количественной зависимости между численностью особей в колониях, основанных эмигрантами, бескрылыми или крылатыми вивипарами и

онтогенетическим и морфотипическим составом потомства у этих трёх морф черёмухово-злаковой тли на фоне различной обеспеченности пищей.

Методика исследований

Объектом исследований служила черёмухово-злаковая тля *Rhopalosiphum padi* (L.) – гетероцидный голоциклический вид, жизненный цикл которой включает, как правило, 8 морф. К партеногенетическим морфам относятся основательницы, бескрылые и крылатые (эмигранты) самки фундатригенных поколений, бескрылые и крылатые вивипары, гинопары. К половым морфам относятся овипары и самцы [Dixon, 1985]. Изучали численность и состав потомства трех партеногенетических морф, заселяющих и развивающихся на зерновых культурах: эмигрантов, бескрылых и крылатых вивипар. Как в вегетационных опытах, так и в полевых условиях, тля развивалась на 26 образцах яровой пшеницы 6 разновидностей из различных эколого-географических групп, имеющих морфофизиологические отличия. В природных условиях первоначальные колонии тлей образуют только эмигранты, а в дальнейшем комплекс морф. Для оценки особенностей развития тли в полевых условиях образцы были высажены на 1-метровых делянках по 100 растений. Оценку устойчивости образцов к черёмухово-злаковой тле проводили

на основе учетов общего количества тли на делянках дважды: в период начала заселения растений эмигрантами и через неделю.

Эмигранты были собраны на черёмухе обыкновенной *Padus avium* Mill. в период массового лёта. Крылатые и бескрылые вивипары для заселения опытных растений размножались на яровой пшенице с. Ленинградская 6. Каждый опытный образец пшеницы высевали в керамический сосуд по 10 семян и накрывали садком из мельничного газа. Опыт проводили в трёх повторностях для каждой морфы. Все растения заселяли одновременно. С этой целью в фазу кушения пшеницы в каждый сосуд подсаживали по 3 эмигранта, либо по 3 крылатых или 3 бескрылых молодых вивипары. Сосуды сразу накрывали изоляторами. Регистрировали дату и количество личинок, отрожденных в первый день. Через 14 дней после начала репродукции проводили учет общего количества потомства, а также его состав: количество бескрылых и крылатых вивипар, личинок, отдельно нимф и мигрантов. В период проведения опытов регистрировали температуру воздуха.

Данные статистически обработаны по программе Statistica.

Результаты

Первыми на зерновых культурах появляются эмигранты, перелетающие с черёмухи. Их потомство – бескрылые и крылатые вивипары, быстро достигают высокой численности на посевах зерновых культур, что требует мониторинга и контроля.

Средняя численность потомства в колониях эмигрантов, бескрылых и крылатых вивипар при питании на яровой пшенице в фазу кушения представлена в таблице 1.

Таблица 1. Начальная скорость размножения (1-е сутки) различных партеногенетических морф черёмухово-злаковой тли, общая средняя численность и состав потомков ($\bar{x} \pm S\bar{x}$) в их колониях при питании на яровой пшенице в фазу кушения

Морфа тли	Начальная скорость размножения (1-е сутки)	Общая численность колоний	Состав колоний, % от общей численности				
			Бескрылые вивипары	Крылатые вивипары	Личинки	Нимфы	Мигранты
Эмигранты	10.5±1.3 а*	1053±78.3 а	7.4±0.8 а	1.1±0.3 а	65.7±2.6 а	24.9±2.6 а	0 – 5.3
Бескрылые вивипары	5.1±0.4 ab	517.2±52.1 ab	11.8±0.8 ab	0.7±0.03 ab	79.1±1.7 ab	8.1±1.7 ab	0 – 5.3
Крылатые вивипары	8.4±0.8 а	1594±133.1 а	6.0±0.5 а	0.4±0.05 abc	70.6±1.8 а	22.8±1.8 а	0 – 1.4

*Примечание: различные буквы у параметров в пределах одного показателя в столбцах таблицы показывают наличие существенных различий (P=0,99) между параметрами

Известно, что объем реализованной плодовитости у бескрылых морф различных видов тлей выше, чем у крылатых [Dixon, 1985; Matthew, Gregg, 2004; Верещагина, 2007]. Более низкая численность особей в колониях у бескрылых вивипар (табл. 1) объяснима существенно более высокой начальной скоростью репродукции у эмигрантов

и крылатых вивипар по сравнению с бескрылыми вивипарами ($t=4.6$ и $t=3.9$ соответственно) в сочетании с высокой степенью корреляции численности потомков в колониях и начальной скоростью репродукции у эмигрантов и крылатых вивипар (табл. 2).

Таблица 2. Коэффициент корреляции (r) между общей численностью потомков в колониях различных партеногенетических морф черёмухово-злаковой тли, начальной скоростью размножения этих морф и составом потомков

Коррелирующие показатели	Общая численность потомков в колониях эмигрантов	Общая численность потомков в колониях бескрылых вивипар	Общая численность потомков в колониях крылатых вивипар
Начальная скорость размножения морфы (1-е сутки)	0.91 ± 0.1	0.60 ± 0.2	0.71 ± 0.2
Количество нимф в колониях морфы	0.90 ± 0.1	0.62 ± 0.2	0.82 ± 0.1
Количество бескрылых вивипар в колониях морфы	0.65 ± 0.2	0.97 ± 0.1	0.75 ± 0.1
Количество личинок в колониях морфы	0.42 ± 0.2	0.70 ± 0.1	0.72 ± 0.1

Сходные результаты получены Н. Matthew, N. Gregg [2004] при выявлении динамики репродукции тли *Sipha flava* (Forbes), питавшейся на сорго. Высокая начальная скорость репродукции у расселяющихся морф тли оправ-

дана необходимостью быстрого освоения вновь заселяемых растений.

Общая численность потомков в колониях эмигрантов и крылатых вивипар, в отличие от бескрылых вивипар,

в большей степени коррелировала с количеством нимф в этих колониях, чем с количеством бескрылых вивипар или личинок, исключая нимф (табл. 2). На количество крылатых особей в потомстве тлей влияет много факторов, связанных с эпигенезом особей, различными биотическими, абиотическими и антропогенными воздействиями [Vereschagina, Gandrabur, 2014]. Однако, в условиях изоляции доминирующим оказывается «фактор скучивания», чем и объясняется такой показатель корреляции для колоний с более высокой численностью и плотностью потомков. Количество крылатых имаго в потомстве всех морф оказалось невысоким в условиях нашего опыта (табл. 1). Полученные показатели отражают особенности репродуктивных стратегий морф, адаптированных преимущественно к размножению или расселению. Известно, что первые потомки крылатых морф всегда бескрылые и общее число крылатых дочерей у них также всегда меньше, чем у бескрылых морф при сходной численности колоний [Vereschagina, Shaposhnikov, 1997; Верещагина, 2008]. Осваивая другие кормовые растения, крылатые морфы образуют оседлые колонии. Когда эти колонии достигают пороговой численности, в потомстве, как правило, уже бескрылых самок появляются крылатые расселительницы. Вот почему при высокой численности особей в колониях крылатых морф оказалось много нимф, но мало крылатых имаго. Общая численность особей в колониях бескрылых вивипар была достаточно низка (табл.1), и «фактор скученности» не действовал. Количество крылатых имаго и количество нимф в их колониях остались низкими. Однако, в случае высокой численности в колониях бескрылых вивипар состав и численность потомства будут более вариabельны, чем у крылатых морф. Взаимодействия морф в колониях бескрылых вивипар будут более сложными, поскольку крылатые особи в их потомстве будут появляться в ответ на скучивание в непредсказуемых пропорциях, а их период до репродукции на 2–3 суток продолжительнее, чем у бескрылых вивипар, и сроки начала размножения особей в колониях будут очень варьирующими [(Dixon, 1985; Верещагина, 2007)].

В результате оценки состава потомства различных морф черёмухово-злаковой тли при питании на различных генотипах яровой пшеницы был выделен сорт Don Jose [ferrugineum (Alef.) Mansf., Аргентина, аргентинская гибридная группа, кат. 51195]. В колониях всех морф тлей на этом сорте обнаружено менее всего нимф (0–15%), что отражает влияние кормового растения на крылообразование. В зависимости от генотипа пшеницы усредненная

численность колоний всех онтогенетических морф тли варьировала в широких пределах от 749.3±225.0 (Альбидум 32 кат. 64551) до 1710.3±512.0 (Н 798 кат. 55854) особей. По длительности периода до репродукции у бескрылых вивипар черёмухово-злаковой тли все экспериментальные образцы пшеницы были разделены на три группы. К первой группе отнесены 11 образцов, при питании на которых продолжительность периода до начала репродукции у морфы составляла 6.9–7.9 дней, ко второй – 12 образцов (8.0–8.9 дней), к третьей – 3 образца (9.0–9.5 дней). В целом, период до начала репродукции у бескрылых самок тли варьировал от 6.9±0.1 [сорт AC Nanda, разновидность graecum (Koern.) Mansf., Канада, канадская гибридная группа, кат. 64562] до 9.5±0.3 дней [сорт Полюшко, разновидность lutescens (Alef.) Mansf., Россия, Новосибирская обл., лесостепная восточно-сибирская группа, кат. 64856] (t=6.8). Существенно значимого влияния таких показателей, как наличие или отсутствие воскового налета на листьях, повышенного содержания белка в зерновке и скорости прохождения начальных этапов органогенеза образцов пшеницы на формирование численности тли в фазу кушения–выхода в трубку растений нами не обнаружено. Требуется продолжение исследований в этом направлении.

Средние показатели численности колоний всех морф *Rh. padi* при развитии на различных генотипах пшеницы в вегетационных условиях положительно коррелировали с полученными в поле ($r=0.7\pm 0.1$).

Таким образом, в полевых условиях начальное заселение растений весной гетероцидными голоциклическими популяциями тлей происходит только в результате расселения одной морфы – эмигрантов, а в дальнейшем комплексом морф. Показано, что формирование численности колоний тлей в значительной степени связано с характеристикой морфы дающей начало колонии, в частности с начальной скоростью размножения морфы. Для стандартизации скрининга устойчивости к тлям генотипов растений в вегетационных условиях рекомендуется проводить их заселение одновозрастными особями крылатых морф: эмигрантами или вивипарами, состав потомства которых при равной численности более однороден, чем у бескрылых морф. Одним из показателей численности тлей могут быть крылатые имаго при высокой численности или нимфы при более низкой численности. Другим показателем для развития тлей может быть продолжительность их периода до начала репродукции.

Благодарю доктора с-х наук, профессора Вилкову Н.А. за помощь при проведении и обсуждении работы.

Благодарю сотрудников ВНИИ ВИР и лично Зуева Е.В.–куратора коллекции яровой мягкой пшеницы, за предоставленные семена и консультации.

Plant Protection News, 2015, 3(85), p. 61 – 64

FEATURES OF PARTHENOGENETIC MORPH DEVELOPMENT IN *RHOPALOSIPHUM PADI* ON VARIOUS SAMPLES OF WHEAT

E.S. Gandrabur

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

The development features of the bird-cherry oat aphid *Rhopalosiphum padi* (L.) morphs on spring wheat genotypes is the main goal of this article. The work was conducted in the greenhouse and in the field. The abundance and composition of the offspring of three parthenogenetic morphs, i.e., obligate migrating spring morph-emigrants, summer alate and apterous viviparae, have been evaluated in the greenhouse. An average number of aphids in colonies had significant differences between colonies.

To standardize the plant influence on aphid development in vegetation conditions, settling individuals of alate parthenogenetic morphs of the same age is recommended. The indicators of the aphid abundance in colonies can be either alate viviparous at high aphid numbers in *Rh. padi* colonies, or alate nymphs at low aphid numbers in their colonies. The grading of pre-reproduction period length in wingless viviparous *Rh. padi* feeding on different spring wheat genotypes is presented as an indicator of the successful aphid development. The abundance of aphids colonies feeding on different spring wheat genotypes in the greenhouse positively correlated with that in the field ($r=0.7\pm 0.1$).

Keywords: aphid; abundance; wheat genotype; morph; composition.

Библиографический список (References)

- Верещагина А.Б. Адаптивная изменчивость тлей как основа для разработки критериев феногенетического мониторинга их популяций // Инф. Бюлл. ВПРС МОББ. СПб., 2007. Вып. 38. С. 56–60.
- Верещагина А.Б. Экологические механизмы фенотипической и генотипической изменчивости структуры популяции у тлей // Сб. статей 2 Всерос. конф. «Совр. проблемы иммунитета раст. к вредн. организмам». СПб, 29 сент.–2 окт, 2008. С. 197–200.
- Вилкова Н.А., Асякин Б.П., Нефедова Л.И. и др. Методы оценки сельскохозяйственных культур на групповую устойчивость к вредителям. РАСХН, ВНИИ защиты растений. Санкт-Петербург, 2003. 112 с.
- Dixon A.F.G. Structure of Aphid Populations // Ann. Rev. Entomol., 1985. Vol. 30. P. 155–174.
- Matthew H., Gregg N. Development, Longevity, and Fecundity of of *Siphia flava* (Homoptera: Aphididae) Feeding on *Sorghum bicolor* // Environ. Entomol. 2004. v. 33. n. 3. P. 546–553.
- Powel G., Hardie J. The chemical ecology of aphid host alternation: how do return migrants find the primary host plant? // Appl. Ent. and Zool., 2001, 36. P. 259–267.
- Shaposhnikov G.C. New species of the genus *Dysaphis* Börn. (Homoptera, Aphidinea) and peculiarities of the taxonomic work on aphids // Entomol. obozr. 1986, 36 (1). P. 535–550.
- Vereschagina A., Gandrabur E. Polymorphism and Damage of Aphids // Intern. J. of Biol., 2014. vol. 6. n. 4. P. 124–138.
- Vereschagina A. B., Shaposhnikov G. C. Influence of crowding and host-plant on development of winged and apterous aphids. J.M.N. Nafria, A.F.G. Dixon (Eds.). Aphids in Natural and Managed Ecosystems: Proceedings V International Symposium on Aphids 15–19 Sept., Leon, Leon: Universidad de Leon, 1997. P. 642–645.
- Webster B. The role of olfaction in aphid host location // Physiol. Entomol., 2012. 37. P. 10–18.

Translation of Russian References

- Vereshchagina A.B. Adaptive variability of aphids as basis for development of criteria for phenogenetic monitoring of their populations. Inf. Byull. VPRS MOBB. St. Petersburg, 2007. Вып. 38. С. 56–60. (In Russian).
- Vereshchagina A.B. Ecological mechanisms of phenotypic and genotypic variability of aphid population structure. Materials of 2 Vseross. konf. «Sovr. problemy immuniteta rast. k vredn. organizmam». St. Petersburg. 29 Sept.–2 Oct, 2008. P. 197–200. (In Russian).
- Vilkova N.A., Asyakin B.P., Nefedova L.I. et al. Methods of crop assessment for group resistance to pests. RASKhN, VIZR. St. Petersburg, 2003. 112 p. (In Russian).

Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург – Пушкин, Российская Федерация
Гандрабур Елена Сергеевна. Ведущий агроном.
e-mail: helenagandrabur@gmail.com

Information about the author

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St Petersburg – Pushkin, Russian Federation
Gandrabur Elena Sergeevna, Leading Agronomist,
e-mail: helenagandrabur@gmail.com

Уточнение ссылок. В статье Рожиной В.И и др. / Вестник защиты растений 2(84) – 2015, с. 53 – 55, 4 абз. следует читать: 1-е предложение – «Показано [Танский и др., 2006]...»; 2-е предложение – «Согласно исследованиям ... [Kakol, Kucharczyk, 2004]».

Научное издание.

Индекс 36189

Подписано к печати 12 августа 2015 г.