

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

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

**В Е С Т Н И К**  
**ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ**

---

**PLANT PROTECTION NEWS**

4(98) – 2018

Санкт-Петербург – Пушкин  
2018

# ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

УДК 632

Научно-теоретический рецензируемый журнал

Основан в 1939 г.

Издание возобновлено в 1999 г.

Включен в базу данных РИНЦ

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

*Белоусов И.А.*, кбн, ВИЗР

*Белякова Н.А.*, кбн, ВИЗР

*Вилкова Н.А.*, дбн, ВИЗР

*Власенко А.Н.*, дсxn, академик РАН,  
СибНИИЗиХ СФНЦА РАН

*Власов Д.Ю.*, дбн, СПбГУ

*Ганнибал Ф.Б.*, кбн, ВИЗР

*Гончаров Н.Р.*, ксxn, ВИЗР

*Гричанов И.Я.*, дбн, ВИЗР

*Дзянь Синьфу*, профессор, КНР

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

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

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

*Иващенко В.Г.*, дбн, ВИЗР

*Каракотов С.Д.*, дхн, академик РАН,  
ЗАО “Щелково Агрохим”

*Лаврищев А.В.*, дсxn, СПбГАУ

*Лаптиев А.Б.*, дбн, ООО “ИЦЗР”

*Левитин М.М.*, дбн, академик РАН, ВИЗР

*Лунева Н.Н.*, кбн, ВИЗР

*Лысов А.К.*, ктн, ВИЗР

*Моисеева В.К.*, кбн, ООО “ИЦЗР”

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

*Новикова И.И.*, дбн, ВИЗР

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

*Патрик Гротаерт*, доктор наук, Бельгия

*Радченко Е.Е.*, дбн, ВИР

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

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

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

*Синев С.Ю.*, дбн, ЗИН

*Скрябин К.Г.*, дбн, академик РАН, Федеральный  
исследовательский центр “Фундаментальные  
основы биотехнологии” РАН

*Сорока С.В.*, ксxn, Белоруссия

*Сухорученко Г.И.*, дсxn, ВИЗР

*Т. Ули-Маттила*, профессор, Финляндия

*Токарев Ю.С.*, дбн, ВИЗР

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

*Фролов А.Н.*, дбн, ВИЗР

*Хлесткина Е.К.*, дбн, ВИР

*Шамшев И.В.*, кбн, ЗИН.

*Шпанев А.М.*, дбн, АФИ

Редакция

И.Я. Гричанов (зав. редакцией), С.Г. Удалов, В.К. Моисеева

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

Email: [vestnik@vizr.spb.ru](mailto:vestnik@vizr.spb.ru)

<http://vestnik.vizrspb.ru>

© Всероссийский НИИ защиты растений (ВИЗР)

## СОДЕРЖАНИЕ

Особенности диагностики фитофагов, патогенов и сорных растений в системе защиты посевов кукурузы (методологические и практические аспекты) К.С. Артохин, В.Г. Иващенко . . . . .	5
Особенности формирования фенетической структуры популяции тлей и методы ее диагностики на примере черемухово-злаковой тли <i>Rhopalosiphum padi</i> (L.) (Homoptera: Aphididae) (часть 2) Е.С. Гандрабур, А.Б. Верещагина . . . . .	13
Сезонная вариация отлова самцов кукурузного мотылька <i>Ostrinia nubilalis</i> Hbn. феромонными ловушками и ее связь с динамикой численности вредителя А.Н. Фролов, И.В. Грушевая . . . . .	18
Использование беспилотных летательных аппаратов для целей фитосанитарного мониторинга в отношении сорных растений Ю.В. Шумилов, Н.Н. Лунева, С.А. Ермоленко, А.П. Савва, Т.Ю. Закота, Е.Н. Мысник, Р.Ю. Данилов . . . . .	22
Роль абиотических факторов в ограничении распространения колорадского жука на Северо-Западе России С.Р. Фасулати, О.В. Иванова . . . . .	27
Биологическая эффективность цеолитсодержащего трепела в борьбе с вредителями картофеля Г.И. Сухорученко, Т.И. Васильева, Г.П. Иванова, С.А. Волгарев . . . . .	30
Проблемы мониторинга тлей-переносчиков вирусной инфекции при выращивании меристемного картофеля на примере Ленинградской области С.А. Волгарев, Г.П. Иванова, Г.И. Сухорученко, М.Н. Берим . . . . .	34
Вирусные болезни картофеля на Северо-Западе России Т.С. Фоминых, К.Д. Медведева . . . . .	40
Структура популяции <i>Puccinia triticina</i> Erikss. на посевах озимой и яровой мягкой пшеницы в Саратовской области Э.А. Конькова . . . . .	44
Структура видового состава сорных растений в посевах кукурузы степной зоны Краснодарского края Е.Н. Мысник, Т.Ю. Закота . . . . .	50
Фунгистатическая активность индукторов устойчивости к темно-бурой пятнистости пшеницы Э.В. Попова, Н.М. Коваленко, Н.С. Домнина, Е.А. Борисова . . . . .	53
Лабораторные методы исследования родентицидов для защиты от полевых грызунов Н.В. Бабич, А.А. Яковлев . . . . .	58
Изучение эффективности тиенкарбазон-метила в борьбе с овсягом ( <i>Avena fatua</i> L.) в посевах яровой пшеницы А.С. Голубев . . . . .	63
Устойчивость к высушиванию разновозрастного мицелия штаммов <i>Stagonospora cirsi</i> Н.А. Павлова, С.В. Сокорнова . . . . .	67
Влияние особенностей почвенного профиля на состояние и урожай насаждений черной смородины В.В. Нефедов . . . . .	70
<u>Хроника</u>	
XIX Международный конгресс по защите растений (IPPC2019) . . . . .	73
К юбилею И.Я. Гричанова . . . . .	74
Памяти Н.В.Бондаренко . . . . .	75

## CONTENT

Diagnostic features of phytophages, pathogens and weeds in corn crop protection systems (methodological and practical aspects) K.S. Artokhin, V.G. Ivashchenko . . . . .	5
Formation of population structure in aphids and methods of its estimation using the case-study of cherry-oat aphid <i>Rhopalosiphum padi</i> (L.) (Homoptera: Aphididae) (part 2) E.S. Gandrabur, A.B. Vereschagina . . . . .	13
Seasonal variation in the European corn borer, <i>Ostrinia nubilalis</i> Hbn. male number captured with pheromone traps and its connection with pest population A.N. Frolov, I.V. Grushevaya . . . . .	18
The use of unmanned aerial vehicles for pest monitoring in relation to weeds Yu.V. Shumilov, N.N. Luneva, S.A. Ermolenko, A.P. Savva, T. Y. Zakota, E.H. Mysnik, R.Yu. Danilov . . . . .	22
Role of environmental abiotic factors in limiting the Colorado potato beetle distribution in Northwestern Russia S.R. Fasulati, O.V. Ivanova . . . . .	27
Biological effectiveness of zeolite-containing tripoli in pest control of potatoes G.I. Suchorutchenko, T.I. Vasilieva, G.I. Ivanova, S.A. Volgarev . . . . .	30
Problems of monitoring aphids as virus vectors when growing meristem potatoes in the Leningrad Region as an example S. A. Volgarev, G. P. Ivanova, G. I. Sukhoruchenko, M. N. Berim . . . . .	34
Virus diseases of potatoes in the North-West of Russia Fominykh T.S., Medvedeva, K.D. . . . .	40
<i>Puccinia triticina</i> population structure on winter and spring wheat in Saratov Region during 2013–2017 E.A. Konkova . . . . .	44
Structure of species composition of weed plants in crops of corn on the territory of steppe zone of Krasnodar Territory E.N. Mysnik, T.Y. Zakota . . . . .	50
Fungistatic activity of Chitosan salicylate as an inducer of wheat resistance to dark brown spot E.V. Popova, N.M. Kovalenko, N.S. Domnina, E.A. Borisova . . . . .	53
Laboratory methods of estimation of biological efficiency of plant protection rodenticides from voles of genus <i>Microtus</i> N.V. Babich, A.A. Yakovlev . . . . .	58
Study of the effectiveness of thiencarbazon-methyl against wild oat <i>Avena fatua</i> in spring wheat A.S. Golubev . . . . .	63
Effect of drying on viability of different ages mycelium of <i>Stagonospora circii</i> N.A. Pavlova, S.V. Sokornova . . . . .	67
The influence of characteristics of soil profile on the status and harvest of black currant plantations V.V. Nefedov . . . . .	70
<u>Chronicle</u>	
The 19th International Plant Protection Congress . . . . .	73
To the birthday anniversary of Igor Grichanov . . . . .	74
In memory of Nikolai Bondarenko . . . . .	75

## ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИКИ ФИТОФАГОВ, ПАТОГЕНОВ И СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В СИСТЕМЕ ЗАЩИТЫ ПОСЕВОВ КУКУРУЗЫ (МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ)

К.С. Артохин<sup>1</sup>, В.Г. Иващенко<sup>2</sup>

ООО “Агролига”, Ростов-на-Дону<sup>1</sup>

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург<sup>2</sup>

Диагностика лежит в основе всех основных этапов алгоритма защиты растений (ЗР) и, в конечном счете, сам успех реализации принятых мер в значительной степени зависит от правильного определения видов фитофагов, патогенов и сорных растений. Многолетние исследования показали, что некоторые вопросы диагностики в ЗР на методическом уровне недостаточно отработаны, требуют обновления и пересмотра. Современные диагностические системы фитофагов часто построены на основе уже свершившихся повреждений (минуя стадию личинки, когда еще не нанесен вред) или по описаниям взрослых сорных растений (а не по их семядолям и маленьким розеткам), что не отвечает целям ранней диагностики и принятию своевременных решений в ЗР. Многочисленные определители фитофагов по повреждениям, а патогенов по поражениям содержат их описания в конце периода нанесения вреда кукурузе. Поскольку зональные комплексы вредных видов включают в большинстве регионов возделывания кукурузы возбудителей головни, болезней фузариозной этиологии и фитофагов (преимущественно проволочников, шведских мух, кукурузного мотылька и хлопковую совку), принцип мониторинга, основанный на данных одновременного учета взаимосвязей (повреждение – заболевание) имеет и прогностическую ценность – для расчета сдерживания численности популяций вредителей, для уменьшения наносимого ими вреда, уровня развития ряда болезней. Кроме установления видовой принадлежности, необходим учет пато-, и морфогенеза болезней (явную форму или латентное течение), их моно-, (пыльная и пузырчатая головня) и полицикличность (ржавчина, гельминтоспориозы), наличие или отсутствие возможности учета динамики болезни в полевых условиях, особенности расчетов ЭПВ. Их алгоритм в тринарных системах изучен недостаточно: многие межпопуляционные связи фитофагов и патогенов трактуются сходно: на фоне преодоления у кукурузы устойчивости к проникновению в растения, и фоне её сохранения (избегания повреждений). Это определяет актуальность более углубленных исследований взаимоотношений в консортных системах с целью выявления первопричин патологий и их профилактики. Необходимо поднять статус диагностики как одну из основных профессиональных компетенций в ЗР и создавать новые определители (в том числе с современной номенклатурой) и справочники, сочетающие классическую достоверность и современную наглядность.

**Ключевые слова:** кукуруза, фитофаги, патогены, сорные растения, мониторинг, диагностика, защита растений.

Поступила в редакцию: 29.08.2018

Принята к печати: 20.11.2018

Одним из основных принципов защиты растений является принцип приоритета диагностики, который в явном виде присутствует во всей литературе по защите растений, но в явном виде сформулирован только в ряде недавних публикаций [Артохин, 2013, 2016, 2017]. Процедура защиты растений, как алгоритм конкретных действий, состоит из нескольких этапов: 1 – оценка ситуации на полях – диагностика и мониторинг вредных объектов; 2 – сравнение ситуации в агроценозе с критерием (ЭПВ) и принятие решения о назначении или отмене защитных мер; 3 – выбор методов (адекватный гербицид или агротехнический метод) для решения проблемы и оценка экологических рисков их применения; 4 – реализация (технологическое воплощение) принятых решений. Все ЭПВ сорняков вредителей и болезней видоспецифичны [Алехин 2016, Артохин 2016; Спиридонов, 2013]. Выбор адекватных препаратов в конкретных технологиях также видоспецифичен [Шпаар, 2012; Артохин, 2016]. Поэтому диагностика лежит в основе всех основных этапов процедуры (алгоритма) защиты растений и, в конечном счете, сам успех реализации защитных мер в значительной степени зависит от правильного определения видов.

Диагностика наиболее сложная часть мониторинга. В реальной практике каждый агроном проводит диагностику вредных объектов самостоятельно на основе доступных в текущее время определителей, атласов, справочников и т.д. Априори предполагается, что специалист всегда

ставит правильный диагноз, что далеко не так. Первый вопрос, с которым сталкивается агроном в поле при встрече с насекомыми, это постановка предварительного диагноза о полезности или вредности вида. Уже на этом этапе диагностики нередко ошибки [Копанева, 1981; Артохин 2013]. По нашим данным многие агрономы (и не только) путают фитофагов и энтомофагов, четко определяя только несколько основных видов уровня-разряда черепашки. Более 50% ошибок практиков отмечено нами в диагностике гусениц и ложногусениц, долгоносиков, а в определении природных популяций энтомофагов ошибки достигают 90% и более.

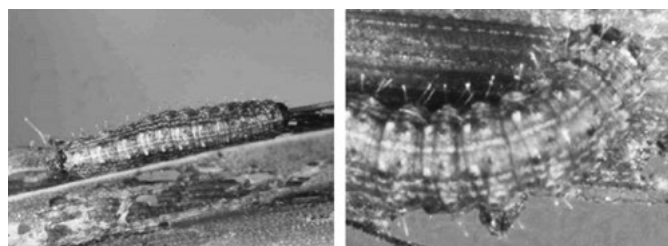
Долгое время считалось, что вопросы диагностики в ЗР на методическом уровне давно отработаны и не требуют обновления и пересмотра, а только переиздания. С нашей точки зрения, почти во всех старых классических изданиях в полной мере реализовывался или замечательный академический подход, когда правильные для энтомологии описания насекомых из энтомологических книг автоматически и без учета особенностей защиты растений переносились в книги прикладного характера [Справочник, 1979; Космачевский, 1958], или реализовывался патолого-анатомический подход, который позволял агрономам достаточно легко в большинстве случаев поставить точный диагноз объектов по уже свершившимся повреждениям и поражениям. Например, определители: Осмоловский, [1976], монографии [Немлиенко, 1957; Грушка,

1965; Боровская, Матичук, 1988; Ullstrup, 1977 и др.], но не всегда гарантировал наименьшее предотвращение потерь от вредных организмов.

В результате многолетних исследований мы пришли к выводу, что многие неудачи в защите кукурузы связаны с отсутствием своевременной диагностики и правильной стратегии защиты. Современные диагностические системы вредных организмов часто построены или на основе уже свершившихся повреждений (многочисленные определители по повреждениям), или на описании самих вредных объектов в конце периода нанесения вреда, что не всегда отвечает задачам ЗР.

Для насекомых наиболее ярко такое несоответствие запоздалых диагнозов и задач ЗР по предотвращению потерь урожая проявляется в описании гусениц (и в их определительных таблицах), когда описываются взрослые гусеницы, уже нанесшие вред, дополненное фото взрослой гусеницы озимой совки.

Классическое описание гусеницы озимой совки следующее: гусеница 4.0–5.0 см. тело гладкое (голое) с жирным блеском, окраска тела землисто-серая, голова рыжеватая [Вредители..., 1987]. Такое описание для диагностики имеет место во всех определителях и справочниках по защите растений и приводит к поиску агрономом (прогнозистом и научным сотрудником) в поле именно такой большой гусеницы, уже нанесшей вред, хотя цель ЗР состоит в предотвращении ущерба путем защиты до, или в начале нанесения вреда гусеницами младших возрастов, размером всего в несколько мм, окраска тела тусклая светло буроватого цвета. Тело покрыто относительно крупными булавовидными щетинками, голова темная. Никто из сотен протестированных агрономов не знает этих признаков у самого обычного многоядного вредителя. Аналогичные проблемы возникают при диагностике хлопковой совки (ХС), кукурузного стеблевого мотылька (КСМ), лугового мотылька (ЛМ) и других основных вредителей кукурузы на ранних этапах онтогенеза вредителей (рис. 1).



Гусеница второго возраста

Булавовидные щетинки гусениц второго возраста

Рисунок 1. Морфологические особенности гусениц младших возрастов озимой совки

Общим для гусениц младших возрастов ХС, КСМ и ЛМ являются незначительные размеры (обычно от 1 до 8 мм), все они бледные и полупрозрачные без характерного рисунка покровов взрослой гусеницы (по которому привыкли ориентироваться агрономы). Но только на основании этих общих признаков причислять всех гусениц на полях к вредителям нельзя. В агроценозах, в том числе и кукурузы, много полезных гусениц среди совок (например, амброзиевая, вьюнковая), огневков и молей [Артохин, 2017].

Поэтому практикам (и не только) нужно уметь различать виды прежде всего на основе мелких диагности-

ческих (морфологических) признаков [Копанева 1981; Артохин, 2017]. За период научно- консультационной деятельности приходилось не раз останавливать инсектицидные обработки, направленные против полезных гусениц.

Высокая биологическая эффективность разрешенных для применения препаратов, наряду с кратковременностью периода токсического действия, ставит задачу определения оптимальных сроков обработок в наиболее уязвимые для вредителей сроки, с учётом их влияния на полезную энтомофауну. Многие неудачи в борьбе с вредителями, возбудителями болезней, сорными растениями практики часто списывают на некачественные препараты, тогда как стандартной ошибкой, которая становится причиной недостаточной эффективности, является неверное определение сроков применения инсектицидов. Например, в Адыгее при обработках посевов кукурузы с преобладанием у хлопковой совки гусениц средних и старших возрастов эффективность проводимых мероприятий снижалась на 30–65% [Обзор, 2012]. Агрономы часто не желают признавать этот недостаток в своей работе, и, фактически, большинство из них борются с личинками старших возрастов (когда предотвратить нанесенный вред уже невозможно), и чаще предъявляют претензии только к недостаточной эффективности средств ЗР. В качестве примера приводим определение срока обработки против гусениц совок (и др. чешуекрылых), диагностика которых начинается ещё раньше и связана с краткосрочным прогнозом по оперативному анализу степени зрелости яиц, то есть готовности к их откладке. Это требует регулярного обследования полей, начиная с имаго, и анализа яиц.

По состоянию зрелости яиц в яйцевых трубках самки (определяется при вскрытии или раздавливании брюшка) можно прогнозировать сроки откладки яиц на кормовые растения. Незрелые яйца выдавливаются нажатием пальцем на брюшко самки в виде сплошной недифференцированной массы. Зрелые яйца вполне дифференцированы. При наличии зрелых яиц следует ожидать их откладки в ближайшие дни, а примерно через 7–10 дней (при оптимальных погодных условиях) – отрождения гусениц совок. К этому сроку и прогнозируется наиболее эффективная обработка против гусениц младших возрастов. Аналогичные процедуры можно проводить и с огневками, в частности, с луговым мотыльком. Так, если яйца лугового мотылька еще молочно- перламутровые, то отрождение можно ожидать через неделю, а если они буреют, то через день-два, что и будет ориентиром для оптимального применения инсектицидов. Обработка по гусеницам 1 и 2 возраста наиболее эффективная и менее затратная, несмотря на это феромонными ловушек мало кто пользуется.

Общих оптимальных сроков обработок для всего хозяйства или региона в практической работе не бывает. Их наступление определяется конкретно для каждого поля, с учетом фенологии вредителя и культуры, что зависит от сроков сева, группы спелости гибрида и особенностей технологии выращивания. Общая схема оптимальных сроков применения различных средств защиты растений против совок, огневков и насекомых с неполным превращением приведена на рис. 2. Использование её на практике обеспечивает высокую эффективность применения средств защиты растений.

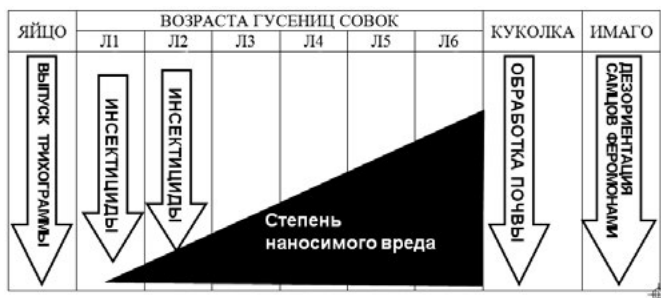


Рисунок 2. Сроки оптимального применения средств защиты растений против совок

Точная видовая (фазовая и возрастная) диагностика имеет важное значение для всех групп вредных организмов. И в то же время эти видовые особенности насекомых мало кто учитывает в реальной практике. Например, у разных видов проволочников и ложнопроволочников есть особенности в биологии, определяющие их реакцию (различную смертность) по отношению к разным пестицидам и разным агротехническим методам. Все эти тонкости давно известны [Васильев, 1987], но успешно забыты на современном этапе. В отдельных случаях (кукурузная чернотелка) диагноз и мониторинг ведут даже не по той стадии развития, которую следует контролировать прежде всего (личинок), а по имаго, и ЭПВ приводят для имаго. И агрономы ищут имаго, а не опасных личинок ложнопроволочника.

В академическом описании сорных растений (СР) отмечается аналогичный подход. Примером может быть Агроатлас (2003–2009) – популярный интернет-ресурс, в котором, к сожалению, есть описания только взрослых растений. Агроному же надо уметь определять виды прежде всего по семядолям и маленьким розеткам. На стадии развития семядоли или розетки не всегда правильно диагностируются даже уровень семейства, например, агрономы часто путают розетки бодяка (сем. Астровые) и кривоцвета (сем. Бурачниковые), подмаренника (сем. Мареновые) и песчанки (сем. Гвоздичные). Неправильное определение вида может приводить к защите от сорного растения (песчанки), не являющегося вредоносным. Аналогичная ситуация возникает при подборе адекватного гербицида: сульфонилмочевины – эффективные против бодяка, малоэффективны против кривоцвета. Такие ошибки случаются часто [Артохин, 2016]. Отсюда следуют ошибки в выборе препаратов, в их влиянии на эффективность защиты, урожайность и экономику хозяйства в целом.

Правильное определение видов сорных растений является основным ключом при выборе адекватного гербицида на основе таблиц по спектру действия препаратов. Такие таблицы содержат, как правило, региональный список СР со своим списком доминирующих вредоносных видов. Потом подбирают гербициды под конкретные виды СР, а не под их экологические группы. Например, к экологической группе многолетних корнеотпрысковых СР относятся и бодяк, и вьюнок, но если первый вполне успешно контролируют гербициды (секатор, Гранстар) из группы сульфонилмочевин, то применение их против вьюнка малоэффективно. В экологическую группу однолетних яровых входит большое количество СР (горчица, шалфей, щирица, амброзия, марь, канатник). И если горчица или щирица в кукурузе контролируется успешно препаратами на основе 2,4 Д, то шалфей растопыренный

– нет. Таких примеров предостаточно. В современный период гербицидной практики борьбы с СР неоднозначным является регистрация и представление информации о них в сводных таблицах. Так, в статьях, обзорах распространения и другой информация о сорных растениях (в отличие от вредителей и возбудителей болезней) приводится не по конкретным видам, а в сводном виде по их экологическим группам сорных растений. Вероятно, в эпоху агротехнического метода борьбы с сорняками и было целесообразно анализировать сорняки по группам, которые соответствовали прежним подходам в системе механической обработки почвы. Возможно, такая информация востребована и сейчас для статистического анализа, но для практической работы агронома более важным является знание о конкретных видах сорных растений на его полях, где на основе их численности реализуется алгоритм интегрированной защиты растений (ИЗР).

Некоторыми специалистами практикуется также компьютерное распознавание видов сорных растений по фотоизображению. Однако общая картинка не всегда достаточна для точного определения вида в такого рода диагностикмах. Причем нужно в лупу или бинокляр рассматривать мелкие детали многих видов СР и уметь их анализировать. Так, только по наличию якоревидных волосков, которые видны лишь в лупу с большим увеличением, можно диагностировать на ранних фазах Горлюху румяновидную (*Helminthotheca echioides*) из сем. сложноцветные, которая является проблемой в диагностике и применении гербицидов на кукурузе в Ставропольском крае. Точно определить вид на ранних фазах развития растений часто позволяет характер опушения листьев.

Применение даже самых современных и дорогих гербицидов на основе ДВ пироксулам при ошибке в определении вида СР может и не решить злаковую проблему. Например, в случае засорения посева эгилопом цилиндрическим (*Aëgilops cylindrica*) применение будет не эффективно, а этих же гербицидов против мышей или просянки обеспечит технический эффект, но экономически такое решение будет избыточным. Мышей и просянку – обычные злаковые сорняки в посевах кукурузы, можно контролировать и более дешевыми гербицидами на основе ДВ никосульфурон, римсульфурон и др.

В практике ранней диагностики (семядоли и маленькие розетки) часто помогают и органолептические методы, которые обычно забывают приводить в современных изданиях. Так, специфический запах горчицы у многих видов семейства крестоцветных или шалфея у губоцветных, позволяет агроному легко провести диагностику непосредственно на поле. Можно также использовать вкус растений или цвет сока на изломе листа или стебля. Нелишней будет сверка и подтверждение правильности определения вредных объектов у ведущих специалистов, а также наличие эталонных коллекций и гербариев. В целом от правильности диагностики видов СР зависит адекватный выбор гербицида и оптимизация затрат.

Для грамотного внесения почвенных гербицидов необходимо проводить анализ видового состава и запаса семян СР (и картировать поля). При этом надо учитывать, что такие крупносемянные однолетние СР как дурнишник, канатник и др. не контролируются почвенными гербицидами.

Многие ошибки в применении гербицидов на кукурузе связаны с разными толкованиями в диагностике фаз развития культуры. Общепринятым считается начало применения гербицидов в фазе 3 листа [Шпаар, 2012]. Но посмотрев в каталог пестицидов 2017 г. или региональные издания по земледелию или ЗР мы увидим рекомендации по применению гербицидов на кукурузе начиная с фазы 2-х листьев, даже гормональных препаратов с дикамбой, что чревато проблемами для урожая.

Этот вопрос в основном методологического характера. Одно и то же состояние фазового развития культуры в разных системах исчисления-координат обозначается по-разному, причем регистрирует препараты каждая фирма в соответствии со своим толкованием фаз развития. Например, в каталоге пестицидов, фирма Пионер Дюпон регистрирует смесевые гербициды с дикамбой с фазы 2-х листьев. Аналогично поступают и отечественные фирмы (особо не задумываясь об отличиях в системах диагностики фаз принятых в разных странах). Если агроном, привыкший пользоваться российскими шкалами фаз развития или международной шкалой ВВСН [Шпаар, 2012] видит 2 листа на кукурузе и начинает применять гербицид, то следствием будет сильная фитотоксичность и значительное снижение урожая. А дело в том, что по системе Пионер Дюпон считаются не листья (которых на растении кукурузы визуально больше), а сформировавшиеся воронички над влагалищем листа [Эндикот, 2016]. При этом отправная точка для начала работ с гербицидами – фаза 3 листа по ВВСН практически совпадает с фазой 2 листа по системе Пионер Дюпон. На более поздних фазах разрыв между количеством листьев одной и той же фазы развития кукурузы может быть еще большим. В фазе 3 листа по системе Пионер Дюпон видимых листьев может быть 5–6 и больше. Ни в каталоге по пестицидам, ни в справочниках по гербицидам и технологиям выращивания кукурузы комментариев и пояснений по различию диагнозов фаз культуры нет.

Интенсификация и специализация сельскохозяйственного производства привела к ломке многих традиционных методов возделывания кукурузы, структуры севооборотов, способов обработки почвы, густоты посева, что привело к повышению влажности в посевах, лучшей репродукции и накоплению патогенной биоты (и вследствие формирования резистентности к средствам защиты), к изменению соотношения возбудителей болезней в структуре комплексов патогенов. При этом наиболее трудной является ранняя диагностика болезней. Точная диагностика патогенов – сложная и многоступенчатая процедура. Как правило, практики ограничиваются первым этапом визуальной оценки симптомов. На этом этапе совершается много ошибок, поскольку признаки очень переменчивы и часто схожи с воздействием других факторов (дефицит питания, фитотоксичность и т.д.). Прогнозистам и научным сотрудникам нередко приходится проводить все этапы диагностики, включая подтверждение предварительного визуального диагноза специальными микологическими методами, вплоть до молекулярных.

Разнообразие форм визуального проявления болезней кукурузы, размеров их возбудителей, форм спороношений, типов питания, их жизненных циклов, характера течения болезней, предполагает не только достаточную профес-

сиональную подготовку специалистов по оценке фитосанитарного состояния посевов, но также знание этиологии болезней, времени их проявления и скорости нарастания, в зависимости от устойчивости гибридов, экологических и антропогенных предрасполагающих факторов.

Число выявленных и идентифицированных ранее (до внедрения молекулярной диагностики) видов грибов на кукурузе и продуктах её переработки составляло 284 и 230 соответственно [Farr et al., 1989]. В современной России выявлено, по меньшей мере, 83 вида [Иващенко, 2015], причем наиболее широкую органотропную специализацию имеют *Ustilago maydis*, *Bipolaris maydis*, *B. sorokiniana* и *B. zeicola* (= *B. carbonum*), а статус опасных сохраняют в настоящее время 3 группы возбудителей, вызывающих: 1) пыльную и пузырчатую головню; 2) стеблевые гнили и болезни початков; 3) гельминтоспориозы листьев и ржавчину.

Как и при диагностике фитофагов, первым этапом процедуры ЗР является диагностика и мониторинг патогенов. Как отмечается в античном афоризме «хорошо распознается — хорошо и лечится. Хороший диагноз — хорошее лечение».

Алгоритм действий в ЗР от патогенов (сходный в ЗР от фитофагов) применим преимущественно к основным возбудителям болезней листьев (ржавчина, гельминтоспориозы, септориозы), их диагностика и динамика развития проходят под визуальным контролем специалиста, а в сопоставлении с критерием ЭПВ – до принятия решения о назначении и выборе мер защиты. Для них характерна ранняя прижизненная диагностика и возможность поддержания жизнеспособности растений до созревания и уборки урожая.

Показано [Пильщикова, 2013], что в последние десятилетия, с развитием молекулярных методов анализа, происходит постепенное вытеснение из практики классических подходов. Однако на пути практического использования молекулярных методов имеется целый ряд трудностей: главное — это цена, ограничивающая их широкое применение в условиях небогатых российских хозяйств.

В отношении потенциально опасных карантинных объектов (диплоидоз, бактериальный вилт) прогнозистам и научным работникам необходимо проводить несколько этапов диагностики, включая подтверждение предварительного визуального диагноза специальными микологическими методами, вплоть до молекулярных.

Необходимо отметить и так называемое «вытеснение» из памяти агрономов по защите растений методов безошибочной полевой диагностики головневых грибов, северного гельминтоспориоза, ржавчины и других возбудителей, не требующих даже традиционных лабораторных исследований, и что лаконично изложено в определителе М.К. Хохрякова с соавторами [2010]. Так, наиболее легко визуально распознаваемыми являются пыльная и пузырчатая головня кукурузы, отличающиеся крупными сорусами (вздутиями); у пузырчатой, например, до 15 см. Если возбудитель пыльной головни (*S. reilianum*) поражает початки и метелки, причем обертки початков и проводящие сосуды в початках не поражаются; при поражении початков, метелка бесплодна. Возбудитель пузырчатой (*U. maydis*) поражает: 1) все надземные органы, в том числе все структуры початка. 2) при разламывании недозрелого желвака



(соруса) появляются капли воды; 3) формирование желвака и его разрастание предельно доступно наблюдателю, тогда как у пыльной протекает скрытно до цветения (при поражении метелок), или до восковой спелости (при поражении початков).

*S. reilianum* проникает через проростки и длительный период развивается в стебле и початках бессимптомно, к цветению проявляется карликовость растений (сильнее у самоопыленных линий), бесплодие метелок, а к созреванию – укорочение оберток и утолщение початков, содержащих телиоспоры возбудителя. При латентном течении болезни отсутствует динамика её нарастания для сопоставления с ЭПВ, что делает невозможным мониторинг и применение мер защиты, наибольшая эффективность которых доказана качеством протравливания семян и уровнем устойчивости гибридов. Для *S. reilianum* типична поздняя диагностика возбудителя и естественное сохранение жизнеспособности листьев и стеблей.

Проникновение *U. maydis* в растения происходит многократно, а последовательное проявление галлов в онтогенезе (с IV-V этапа органогенеза стебля по IX-X этап органогенеза початка (приведено по Куперман, 1977) на листьях, стеблях, метелках, початках связано преимущественно с раневыми инфекциями (после проникновения ШМ, КСМ, ХС) и возможностью развития гриба в меристемных тканях. Это определяет возможность диагностики одного или нескольких последовательно формирующихся в онтогенезе растений галлов, что обусловлено временем проникновения вредителей и коррелятивно связанного с этим ( $r = 0.82-0.98$ ,  $P_{05-0.01}$ ) инфицирования меристем, но приводит многих агрономов к ошибочной мысли об образовании возбудителем нескольких поколений телиоспор. Неверно воспринятая информация у Ф.Е. Немлиенко [1957] о том, что при искусственном заражении «гриб способен пройти за вегетацию до 3–4 пассажей», часто рассматривается как аксиома, особенно представителями торгующих пестицидами фирм, пришедших к необходимости обработок от головни в период цветения кукурузы, хотя повреждения початков КСМ и ХС и формирование галлов продолжается до созревания зерна и при перестое растений. При подсыхании оберток и их раскрытии обнаруживаются галлы *U. maydis* на нижних (часто поврежденных КСМ рудиментарных) початках, мониторинг которых ранее затруднен. Для *U. maydis* характерна сильная вариабельность вредоносности патогена и ЭПВ, обусловленные уровнем устойчивости гибрида.

Скрытое течение имеет цефалоспороз початков (возб. *Acremonium stictum* (W.Gams)), который диагностируется по почернению сосудистых пучков в основании стебля, что приводит к бесплодию початка (или початков на одном узле). Бесплодие початков отмечается и вследствие неопыления их рылец, объедаемых гусеницами хлопковой совки, или стерильности пыльцы при высокой температуре и сильной засухе.

К трудно распознаваемым в поле возбудителям, относится возбудитель бактериального вилта кукурузы *Pantoea stewartii* subsp. *stewartii* (Smith) Mergaert et al. Методы его выявления и идентификации проводятся согласно подготовленному на основе диагностического протокола ЕОКЗР РМ 7/60. 1, включая методы на основе ПЦР. Для установления точного диагноза необходимо использовать

не менее трех методов, основанных на разных биологических принципах [Методы выявления..., 2010].

Предварительная полевая диагностика возбудителей семенных инфекций, приводящих к гибели семян и проростков, к изреживанию посевов, проводится путем почвенных раскопок невзошедших семян, пораженных грибами родов *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Pythium* и др., представленных в цвете, времени и продолжительности проявления. Гибель проростков в процессе прорастания и после появления всходов это первый признак вилта, типичными симптомами которого являются размягчение и загнивание корней, мезокотила и основания стеблей. Бело-розовый налет служит индикатором гнили семян, вызываемых грибами рода *Fusarium* spp.; серо-зеленое плесневение – *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Botrytis*; темная плесень – *Cladosporium*, *Alternaria*, серый налет – *Nigrospora*, розовое плесневение – грибами родов *Trichothecium*, *Sporotrichum*. Оперативный мониторинг развития этих болезней невозможен, а предварительный – наиболее реален с начала цветения до созревания семян и при их послеуборочной обработке в процессе осуществления профилактических мер; биологической и химической защиты – в период формирования и созревания семян, способов обмолота с минимальным травмированием, и режимов сушки без снижения жизнеспособности. Это достигается в специальных семеноводческих технологиях, направленных на сохранение уровня гетерозиса гибридных семян F<sub>1</sub>, обеспечивающих защиту от повреждений вредителями, возбудителями болезней, а также щадящего обмолота при минимуме травмирования, режимов протравливания и хранения, контролируемых пооперационно [Югенхеймер, 1979], как, например, в ряде зарубежных семеноводческих фирм. Надежды некоторых производителей на компенсационные эффекты увеличенной нормы высева беспочвенны; уровень гетерозиса семян, несущих ряд прижизненных патологий всегда ниже, несмотря на благоприятное технологическое сопровождение роста и развития. Исключение из ГОСТа в России требований по уровню травмирования семян обеспечило значительные конкурентные преимущества зарубежным гибридам вытесняющим отечественные.

Для болезней фузариозной природы – гнили и увядания (семенная, почвенная и совместная инфекции) проявляющихся в период роста и развития в отставании роста и увядании, а также стеблевых гнилей (болезней стареющих растений) – в период созревания и перестоя, характерно проявление симптомов на фоне реализованной возбудителем (или совместно с вредителем) вредоносности. Причем, стеблевых гнилей как самостоятельных заболеваний, так и вследствие локальных раневых инфекций. Принятие решений о своевременной уборке менее устойчивых гибридов (без перестоя на корню) позволит сократить потери от ломкости растений, повреждения КСМ и ХС и развития болезней початков, в том числе – накопления микотоксинов [Урожай кукурузы в США...].

Известно, что интегрированная защита растений как стратегия совместного использования всех доступных форм сдерживания вредных видов (включая сортоустойчивость, агротехнический, химический, биологический и др. методы) с учетом естественного регулирования плотности его популяции; как система правил и действий, мо-

жет быть направлена против отдельного вида вредителя или возбудителя болезни, либо против их комплекса, когда она включает защитные меры против каждого вредоносного объекта. При такой системе правил и действий не учитываются (вследствие слабой изученности) многие консортивные межпопуляционные связи фитофагов и патогенов; не в полной мере раскрывается их значимость в этиологии и диагностике болезней, в оценке комплексной вредоносности в тринарных паразитарных системах. Ежегодная встречаемость и стабильность в распределении раневых инфекций проявляется в возникновении пузырчатой головни, гнилей стеблей и початков. Причем если развитие головневых вздутий и фузариоза початков практически функционально связано с повреждением растений фитофагами [Иващенко, 1992], то возникновение стеблевых гнилей обусловлено как первично грибной инфекцией (семенной, проростковой), так и вследствие более поздней в онтогенезе растений колонизации грибами поврежденных органов.

Зональные комплексы вредных видов включают в большинстве регионов возделывания кукурузы на зерно группу головневых грибов, возбудителей болезней фузариозной этиологии и фитофагов, преимущественно проволочников, шведских мух и кукурузного мотылька. Произведение частот их встречаемости характеризует распространенность патогенных ассоциаций в выборке изучаемых образцов растений, служит основой мониторинга консументов и их ассоциаций второго трофического уровня (фитофаг или патоген, фитофаг+патоген, патоген+патоген). При этом численность вредителей в ассоциациях фитофаг+патоген выше допустимых ЭПВ значений должна регулироваться их хищниками и паразитами, что направлено не только против развития патологий грибной, бактериальной, вирусной природы и накопления микотоксинов, но и на уточнение прогнозов суммарной вредоносности, её расчетов.

Известно, что кукуруза – одна из немногих культур, имеющих необходимый уровень горизонтальной устойчивости к *P. sorghi*, *P. polysora*, *U. maydis* и сохраняемый до настоящего времени благодаря правильно выбранной ранее стратегии селекции. Согласно нашим данным (Иващенко, 2015), сходный тип неспецифической устойчивости проявляет кукуруза к *S. reilianum*, возбудителям стеблевых гнилей – *Fusarium spp.*, *M. phaseolina*, фузариоза початков – *Fusarium spp* и др.

Таким образом, алгоритм конкретных действий в ЗР от возбудителей болезней листьев идентичен таковому к фитофагам, а от возбудителей семенных инфекций реализуется в процессе защиты кукурузы на участках гибридизации, где первично защищают початки от вредных организмов в процессе формирования початков, семян, их созревания и послепосевной обработки. В предпосевной период повторно оценивается состояние здоровья семян: травмирование, энергия прорастания, лабораторная

и полевая всхожесть. Для пыльной головни характерен длительный латентный период без очевидной динамики нарастания болезни, как и стеблевых гнилей, причем ЭПВ фузариозной стеблевой гнили и фузариоза початков не видоспецифичен, так как всегда вызывается комплексом видов.

Принцип мониторинга, основанный на данных учета комплексного показателя повреждение-заболевание имеет и прогностическую ценность – для расчета сдерживания численности популяций вредителей, для уменьшения наносимого ими вреда и связанного с этим уровня развития ряда болезней, качества урожая.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Необходимо поднять статус диагностики как одну из основных профессиональных компетенций в защите растений. Учитывать агрономов работать с морфологическими признаками и определителями, а не только с картинками общего вида и описаниями взрослых фаз фитофагов и энтомофагов. Чрезвычайно важно акцентировать защитные мероприятия на те стадии развития вредных организмов, в которых они еще не успели нанести вред; делать описания вредных объектов с личинками младших возрастов и сорных растений на начальных фазах развития и приводить эти описания в соответствии с целями ЗР; создавать новые определители (в том числе и с современной номенклатурой) и справочники, сочетающие классическую достоверность и современную наглядность. В регламентах применения СЗР необходимо использовать одну общепринятую систему для обозначения фаз развития кукурузы или давать комментарий к существующим разночтениям.

Ежегодная встречаемость и стабильность связей повреждаемости кукурузы фитофагами с развитием раневых инфекций ( $r = 0.82-0.98$ ,  $P_{05-0.01}$ ) обуславливает развитие пузырчатой головни, гнилей стеблей и початков, что позволяет использовать принцип мониторинга, основанный на данных учета сопряженных показателей (поврежденность – пораженность), с указанием первичных этиологических факторов и выбора наиболее целесообразных мер по их ограничению. Это имеет и прогностическую ценность – для расчета сдерживания численности популяций вредителей, для уменьшения наносимого ими вреда, и связанного с этим уровня развития ряда наиболее вредоносных болезней.

Ещё недостаточно изучены многие консортные межпопуляционные связи фитофагов и патогенов, хотя вредители в процессе питания лишают кукурузу устойчивости I типа – устойчивости к проникновению патогенов [Иващенко, 2009]. Не в полной мере раскрыта их значимость и использование в этиологии и диагностике болезней, в оценке комплексной вредоносности и выборе рациональных приемов защиты растений. Это определяет актуальность более углубленных исследований взаимоотношений в консортных системах с целью выявления первопричин патологий и их профилактики.

#### Библиографический список (References)

- Агроатлас полезных растений и вредных организмов: 2008. <http://www.agroatlas.ru>
- Алехин В.Т., Михайликова В.В., Михина Н.Г. Экономические пороги вредоносности вредителей, болезней и сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур. Справочник. М., 2016, 76 с.
- Артохин К.С. Вредители зерновых культур. М.: Печатный город. 2013. 532 с.
- Артохин К.С. Мониторинг сорняков для практиков // Защита и карантин растений, 2018, N2. С 8–13.
- Артохин К.С., Игнатова П.К. Сорные растения и меры борьбы с ними. Ростов на Дону, 2016. 468 с.
- Артохин К.С., Полтавский А.Н., Матов А.Ю., Щуров В.И. Совки вредители сельскохозяйственных культур и древесных насаждений. Ростов на Дону. 2017. 376 с.

- Боровская М.Ф., Матичук В.Г. Болезни кукурузы. Кишинев. «Штиинца», 1988. 274 с.
- Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений. Под общей редакцией В.П. Васильева, Т.И. редактор тома В.Г. Долин. Киев. Урожай, 1987. 440 с.
- Грушка Я. Монография о кукурузе. М.: Колос. 1965. 348 с.
- Иващенко В.Г. Распространенность основных болезней кукурузы в СССР и СНГ // Вестник защиты растений (приложение). Санкт-Петербург. 2007, С. 68–81.
- Иващенко В.Г. Пузырчатая головня кукурузы: этиология болезни и проблема устойчивости (уточнение парадигмы) // Вестник защиты растений. Санкт-Петербург. 2011. N4. С. 40–56.
- Иващенко В.Г. Семенные инфекции кукурузы: этиология, диагностика, особенности защиты // Вестник защиты растений. Санкт-Петербург. 2015. 1. С. 22–30.
- Иващенко В.Г. Устойчивость кукурузы к основным болезням и разработка методов ее повышения: автореф. ... докт. дисс. СПб., 1992. 38 с.
- Иващенко В.Г. Устойчивость вредных и полезных насекомых и эффективность её использования при скрининге / Современные иммунологические исследования, их роль в создании новых сортов и интенсификации растениеводства // Матер. Всес. научно-произв. конф. Большие Вяземы, Моск. обл., 18 ноября 2009 г. С. 54–61.
- Копанева Л.М. Определитель вредных и полезных насекомых и клещей технических культур в СССР. Л.: Колос, 1981. 272 с.
- Космачевский А.С. Вредители и болезни сельскохозяйственных культур и меры борьбы с ними. М.: Колос, 1958. 151 с.
- Куперман, Ф. М. Морфофизиология растений. Морфофизиол. анализ этапов органогенеза различных жизненных форм покрытосеменных растений [Текст]: учеб. пособие для высш. учеб. заведений / Ф. М. Куперман. 3-е изд., доп. М.: Высшая школа, 1977. 288 с.
- Лунова Н.Н. О ботанических наименованиях сорных растений // Защита и карантин растений, 2003. N 11. С. 17–20.
- Немляк Ф.Е. Болезни кукурузы. Сельхозгиз: 1957. 230 с.
- Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2012 году и прогноз развития вредных объектов в 2013 году. М.: 2013. 267 с.
- Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2016 году и прогноз развития вредных объектов в 2017 году. Москва, 2017. 492 с.
- Определитель насекомых юга России. (коллектив авторов – 50 энтомологов). Ростов на Дону. 2016. 1050 с.
- Определитель сельскохозяйственных вредителей по повреждениям культурных растений [Текст]. [М. Б. Ахремович, И. Д. Батиашвили, Г. Я. Бей-Биенко и др.]; Под ред. д-ра с.-х. наук, проф. Г. Е. Осмоловского. Ленинград: Колос. Ленингр. отд-ние, 1976. 696 с.
- Определитель болезней растений [ Авторы: М. К. Хохряков, Т. Л. Доброзракова, К. М. Степанов, М. Ф. Летова] / под редакцией М.К. Хохрякова. Л.: Колос, 2010. 592 с.
- Пильщикова Н. Диагностика болезней растений и современные технологии // Конкурсе науч.-попул. работ «био-мол/тест» 2013. Обзор. Электрон. научн. журн. Биомолекула. 2013. 22 авг. URL: <http://https://biomolecula.ru/biomoltext/bio-mol-tekst-2013>. (дата обращения 15.08.2018)
- Самедов Н.Г. Фауна и биология жуков, вредящих сельскохозяйственным культурам в Азербайджане / Н.Г. Самедов. – Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1963. 384 с.
- Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Развитие отечественной гербологии на современном этапе. М.: 2013. 426 с.
- Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2013 г. // Приложение к журналу «Защита и карантин растений», 6. М.: 2013, 645 с.
- Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. // М.: 2017, 792 с.
- Справочник агронома по защите растений. Составители А.Ф. Ченкин, В.А. Захаренко. М.: Россельхозиздат, 1979. 352 с.
- СТО ВНИИКР 4.002–2010 «Возбудитель бактериального вилта кукурузы *Pantoea stewartii* subsp. *stewartii* (Smith) Mergaert et al. Методы выявления и идентификации.
- Сэнди Эндикот, Брент Бруленд, Рей Кит, Райан Шон, Чак Бремер, Дейл Харнхам, Джейсон Дебрюин, Курт Клозен. Стивен Стречен, Пол Картер / Кукуруза, рост и развитие/ Дюпон Пионер) 2016, 20 с.
- Урожай кукурузы в США оказался токсичным/ Электронный журнал IDK. Эксперт. Мировой рынок 19 ноября 2009. URL: <http://exp.idk.ru/news/world/urozhaj-kukuruzy-v-ssha-okazalsya-toksichnym> (дата обращения: 9.11.2018)
- Шпаар Д. Зерновые культуры. Учебно-практическое руководство, 2008. 656 с.
- Шпаар Д. Кукуруза. Выращивание, уборка, хранение и использование. Учебно-практическое руководство. Киев, Изд-во Зерно. 2012, 484 с.
- Югенхеймер Р. Кукуруза и её улучшение. М.: Колос. 1979. 519 с.
- Ernst Haflliger, Hildemar Zholz. Grass weeds 1. CIBA-GEIGY Ltd, Basle, Switzerland 1980 142 p.). Farr, D.F., Bills, G.F., Chamuris, G.P., and Rossman, A.Y. Fungi on Plants and Plant Products in the United States. // The American Phytopathological Society, Minnesota, 1989, 1252 pp.
- Ullstrup A.I. Disease of corn. /Sprague G.F.(Ed.). Corn and corn improvement //Ann. Soc. Agron. Inc., 1977. P. 391–500.

#### Translation of Russian References

- Alekhin V. T., Mihalikova V. V., Mikhina N. G. Economic thresholds of harmfulness of pests, diseases and weeds in agricultural crops. Handbook. Moscow, 2016, 76 p. (In Russian).
- Artokhin K.S. Pests of grain crops. Moscow: Pechatnyy gorod. 2013. 532 p. (In Russian).
- Artokhin K.S. Weed Monitoring for practitioners. Zashchita i karantin rasteniy, 2018, N 2. P. 8–13. (In Russian).
- Artokhin K.S., Arzanov Y.G., Negrobov O.P., Poltavskiy A.N. (eds). Identification key of insects of the South of Russia. Rostov na Donu. Foundation. 2016. 1050 p. (In Russian).
- Artokhin K.S., Ignatova P.K. Weeds and measures of its control. Rostov na Donu. Foundation. 2016. 468 p. (In Russian).
- Artokhin K.S., Poltavskiy A.N., Matov A. Yu., Shchurov V.I. Cutworm pests of agricultural crops and wood plantings. Rostov na Donu. 2017. Foundation. 376 p. (In Russian).
- Borovskaya M.F., Matichuk V.G. Diseases of corn. Kishinev. Shtiintsa. 1988. 274 p. (In Russian).
- Chenkin, A.F., Zakharenko, V.A. (ed.). Handbook of agronomist on plant protection. Moscow: Rossel'khozizdat, 1979. 352 p. (In Russian).
- Corn harvest in the US turned out to be toxic/ electronic magazine IDK. Expert. World market 19 November 2009 / URL: <http://exp.idk.ru/news/world/urozhaj-kukuruzy-v-ssha-okazalsya-toksichnym> (data obrashneniya 15.08.2018). (In Russian).
- Endicott S., Bruland B., Keith R., Sean R, Bremer C., Garnham D., Debruy J., Close K., Strachan S., Carter P. Maize, growth and development. Dyuon Pioneer. 2016, 20 p. (In Russian).
- Govorov D.N., Zhivykh A.V., Ipatova N.V., Ibramova A.S., Novoselov E.S., Proskuryakov M.Y., Matveeva O.G., Borodina E.V. Review of phytosanitary condition of crops in the Russian Federation in 2012 and forecast of development of harmful objects in 2013. Moscow. Ministerstvo sel'skogo khozyaystva Rosiyskoy Federatsii, Rossiyskiy sel'skokhozyaystvennyi tsentr. 2013. 267 p. (In Russian).
- Govorov D.N., Zhivykh A.V., Ipatova N.V., Novoselov E.S. Shavelnikova A.F., Shchetinin P.B., Barkov V.A., Nikulin A.N., Umnikov V.I. Review of phytosanitary condition of crops in the Russian Federation in 2016 and forecast of development of harmful objects in 2017. Moscow. Ministerstvo sel'skogo khozyaystva Rosiyskoy Federatsii, Rossiyskiy sel'skokhozyaystvennyi tsentr. 2017. 492 p. (In Russian).
- Grushka Y. Monograph on corn. /Translated from Czech by M. P. Umnov. Moscow. Kolos. 1965. 751 p. (In Russian).
- Ivaschenko V.G. Prevalence of major diseases of maize in the USSR and CIS. Vestnik zashchity rasteniy (prilozhenie). Saint-Petersburg. 2007. P. 68–81. (In Russian).
- Ivaschenko V.G. Bubble smut of corn: etiology of the disease and the problem of stability (specification paradigm). Saint-Petersburg. 2011. N4. P. 40–56. (In Russian).
- Ivashchenko V.G. Seed infections of corn: etiology, diagnosis, features of protection // Vestnik zashchity rasteniy. Saint-Petersburg. 2015. N 1. P. 22–30. (In Russian).
- Ivashchenko V.G. Resistance of corn to the main diseases and development of methods of its increase. Avtoref. dokt. diss. Saint-Petersburg, 1992. 38 p. (In Russian).
- Ivashchenko V.G. Corn resistance to major diseases and efficiency of its use for screening. In: Sovremennye immunologicheskie issledovaniya, ikh rol' v sozdaniy novykh sortov i intensifikatsii rastenievodstva. Mater. Vses. nauchno-proizv. konf. Moscow Prov, Bol'shie Vyazemy. November 18, 2009. P. 54–61. (In Russian).
- Jugenheimer R. Corn and corn improvement. Moscow: Kolos. 1979. 519 p. (In Russian).
- Khokhryakov M.K., Dobrozrakova T.L., Stepanov K.M., Letova M.F. Manual of plant diseases. Saint-Petersburg. Kolos. 2010. 592 p. (In Russian).

- Kopaneva L.M. Key to harmful and useful insects and mites of industrial crops in the USSR. Leningrad. Kolos. 1981. 272 p. (In Russian).
- Kosmachevsky A.S. Pests and diseases of crops and measures of its control. Moscow. Kolos, 1958. 151 p. (In Russian).
- Kuperman F.M. Morphophysiology of plants. Morphovision analysis of the organogenesis stages of the angiosperms various life forms. 3rd ed. Moscow: Vysshaya shkola. 1977. 288 p. (In Russian).
- List of pesticides and agrochemicals approved for use in the Russian Federation. 2013 // Prilozhenie k zhurnalu «Zashchita i karantin rasteniy, N 6. Moscow: 2013, 645 p. (In Russian).
- List of pesticides and agrochemicals approved for use in the Russian Federation. Moscow: 2017, 792 p. (In Russian).
- Luneva N.N. On the botanical names of weeds. Zashchita i karantin rasteniy. 2003. N 11. P. 17–20. (In Russian).
- Nemlienko F.E. Diseases of maize. Moscow. Sel'khozgiz. 1957. 230 p. (In Russian).
- VNIICR Standard 4.002-2010 «the causative agent of bacterial wilt of corn, *Pantoea stewartii* subsp. *stewartii* (Smith) Mergaert et al. Methods of detection and identification. Moscow. (In Russian).
- Osmolovsky G.E.(ed.). Identification of agricultural pests by damage to cultivated plants. Leningrad. Kolos. 1976. 696 p. (In Russian).
- Pilschikova N. Diagnosis of plant diseases and modern technologies / / scientific Competition.- popula. works “bio-mol / test” 2013 / URL: <http://https://biomolecula.ru/biomoltext/bio-mol-tekst-2013>. (data obrashheniya 15.08.2018). (In Russian).
- Corn harvest in the US turned out to be toxic/ electronic magazine IDK. Expert. World market 19 November 2009 / URL: <http://exp.idk.ru/news/world/urozhaj-kukuruzu-v-ssha-okazalsya-toksichnym> (data obrashheniya 15.08.2018). (In Russian).
- Samedov N.D. Fauna and biology of beetles harmful to agricultural crops in Azerbaijan. Baku. Izd-vo AN Azerb. SSR. 1963. 384 p. (In Russian).
- Shpaar D. (ed.). Grain crops. Training and practical manual. Moscow. ID OOO «DLV AGRODELO». 2008. 656 p. (In Russian).
- Shpaar D. Corn. Growth, harvest, preservation and use. Training and practical manual. Kiev. Zerno. 2012. 484 p. (In Russian).
- Spiridonov Y.Y., Shestakov V.G. Current development of national weed research. Moscow. Pechatnyy gorod. 2013. 426 p. (In Russian).
- Vasiliev V.P., Dolin V.G (eds). Pests of agricultural crops and forest plantations. Kiev. Urozhai, 1987, 440 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 4(98), p. 5–12

## DIAGNOSTIC FEATURES OF PHYTOPHAGES, PATHOGENS AND WEEDS IN CORN CROP PROTECTION SYSTEMS (METHODOLOGICAL AND PRACTICAL ASPECTS)

K.S. Artokhin<sup>1</sup>, V.G. Ivashchenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Southern Federal University, Rostov-on-don, Russia*

<sup>2</sup>*All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia*

Diagnostics is the basis of the main stages of plant protection (PP) algorithm. The success of the implementation of the applied measures depends mainly on the correct identification of phytophagous species, pathogens and weeds. Long-term studies have shown that some PP diagnostic methodologies have unresolved issues and require updating and revision. Modern diagnostic systems for phytophages are often built based on already accomplished damage (rather than larvae) or using the descriptions of adult weeds (rather than their cotyledons and small sprouts). This practice does not meet the goals of early diagnostics and timely decisions in the PP. Numerous identification keys to phytophages using damage characteristics and pathogens using lesions contain their descriptions at the end of the period of corn damaging. Since the zonal complexes of harmful species include corn head and bubble, fusariosis and phytophages (mainly wireworms, frit flies, corn borer and cotton worm) in most regions, the monitoring principle based on the relationship of injury-disease features has a predictive value for calculation of suppressed number of pest populations, damage reduction and development level of certain diseases. Apart for the species identifications, it is necessary to account the disease patho- and morphogenesis, their explicit forms or latent flow, monocyclicality of the smut fungus and polycyclicality of rust and helminthosporiosis; the possibility of monitoring the disease dynamics in the field, especially the calculation of economic threshold. The monitoring algorithm in triotroph systems has been understudied. In particularly, the interpopulation relationships of phytophages and pathogens are treated similarly, i.e. basing on the overcoming corn resistance to penetration into the plant and basing on maize preservation (avoidance of damage). It is necessary to raise the status of diagnostics as one of the main professional competencies in the PP and create modern identification keys, including modern nomenclature, and reference books combining classical reliability and modern visibility.

**Keywords:** corn, phytophage, pathogen, weed, monitoring, diagnostics, plant protection.

Received: 29.08.2018

Accepted: 20.11.2018

### Сведения об авторах

Ростовский филиал ООО «Агролига», ул. Чехова 71, 344010, г. Ростов на Дону, Российская Федерация

Артохин Константин Сергеевич. Директор научно-консультационного Центра, доктор с.-х. наук, e-mail: [agroliga@aaanet.ru](mailto:agroliga@aaanet.ru)

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация

\*Иващенко Владимир Гаврилович. Ведущий эксперт, доктор биологических наук, e-mail: [ya.v-ivaschenko2013@yandex.ru](mailto:ya.v-ivaschenko2013@yandex.ru)

### Information about the authors

Rostov branch of ООО “Agroliga», street Chehova 71, 344010, Rostov-on-don, Russian Federation

Artokhin Konstantin Sergeevich. Director of the scientific consulting Center, DSc in Agriculture, e-mail: [agroliga@aaanet.ru](mailto:agroliga@aaanet.ru)

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

\*Ivashchenko Vladimir Gavrilovich. Lead expert, DSc in Biology, e-mail: [ya.v-ivaschenko2013@eandex.ru](mailto:ya.v-ivaschenko2013@eandex.ru)

\* Ответственный за переписку

\* Corresponding author

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ФЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИИ ТЛЕЙ И МЕТОДЫ ЕЕ ДИАГНОСТИКИ НА ПРИМЕРЕ ЧЕРЕМУХОВО-ЗЛАКОВОЙ ТЛИ *RHOPALOSIPHUM PADI* (L.) (НОМОРТЕРА: APHIDIDAE) (ЧАСТЬ 2)

Е.С. Гандрабур, А.Б. Верещагина

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Текст статьи представлен в 2-х частях. Во второй части работы на примере *Rh. padi* рассматриваются хронология численности и состава клонов, представленных поколениями, мигрирующими на вторичных хозяевах, а также погодные условия, сопутствующие их формированию. Даны конкретные примеры реактивности морф (фенов), составляющих клоны на вторичных хозяевах, при благоприятном и неблагоприятном питании в течение нескольких генераций. Предлагаются методические приемы индикации изменчивости в популяциях тлей, включающие показатели скорости репродукции и расселения.

**Ключевые слова:** клоны, морфы, фенотипы, генерации, изменчивость, численность потомков, расселение.

Поступила в редакцию: 24.04.2018

Принята к печати: 20.11.2018

Одна из основных проблем современной защиты растений – предотвращение изменчивости в популяциях вредителей, образующих формы, резистентные к пестицидам, устойчивым сортам и другим факторам, ограничивающим их вредоносность. В первой части статьи был представлен краткий аналитический обзор литературы, посвященной становлению жизненных циклов, партеногенеза, внутрипопуляционной структуры и адаптивной изменчивости у тлей (Homoptera: Aphididae). Описаны механизмы, связанные с детерминацией крылового и репродуктивного

полиморфизма и полифенизма в онтогенезе этих насекомых. Приведены материалы о морфологических, поведенческих, репродуктивных и экологических различиях между внутрипопуляционными и внутриклональными онтогенетическими формами тлей, определяющими их высокую экологическую пластичность, быструю скорость нарастания численности и расселение. Изученные особенности развития клонов, морф и генераций тлей на примере *Rhopalosiphum padi* (L.) представлены ниже.

### Результаты и обсуждение

Мониторинг клонального состава популяции *Rh. padi*, обитающей в районе Санкт-Петербурга и Ленинградской обл., позволил выявить, что за 17 лет наблюдений в 2000, 2004 и 2006 гг. на черемухе обыкновенной появлялись клоны с необычно высокой скоростью репродукции эмигрантов: более 2000 особей за 14 дней репродукции (рис. 1).

Количество таких клонов составляло 56.5%; 61.8% и 19.9% соответственно, при этом на черемухе наблюдалось массовое размножение вредителя. В эти годы возрастала возможность всплеск численности *Rh. padi* и на зерновых культурах. Однако лишь в 2004 г. условия обитания позволили этим клонам достичь массового размножения на зерновых культурах [Берим, 2014]. В Пушкинском рай-

оне Санкт-Петербурга в этот год мы впервые отметили массовое размножение тли на церападусе, который ранее она не заселяла. На этом растении собраны эмигранты, которые отличались повышенной (до 27–29 личинок за первые сутки) начальной скоростью репродукции [Верещагина, 2005].

Тли не являются исключением. На примере популяций других вредных организмов также было показано, что в фазах массового размножения и депрессии насекомые могут отличаться по ряду морфофизиологических показателей, в том числе интенсивности размножения, скорости развития, смертности [Поляков и др., 1995].

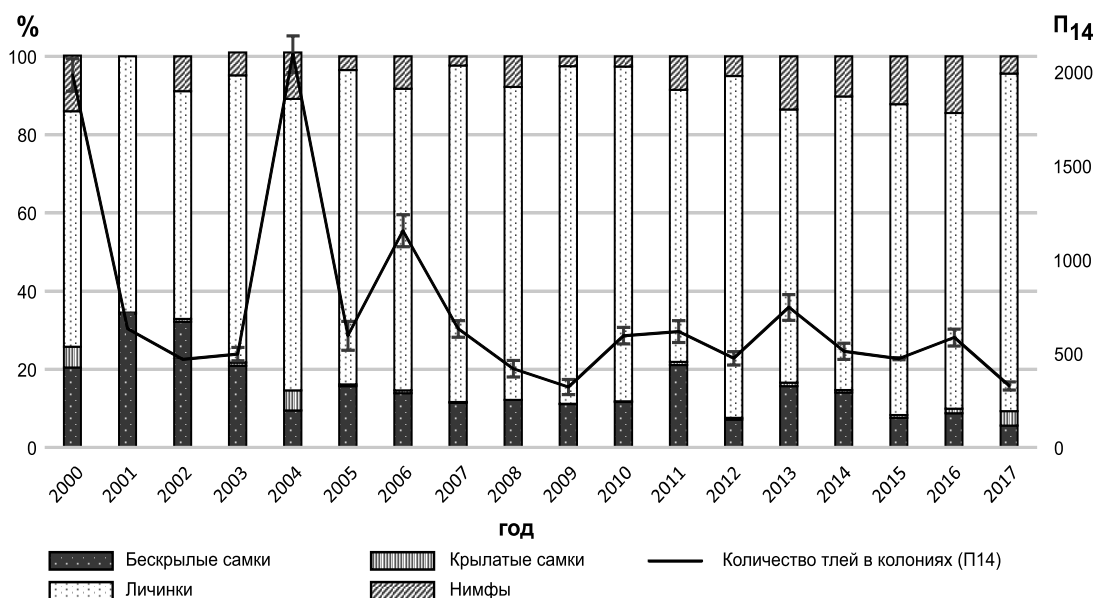


Рисунок 1. Хронология численности и состава колоний эмигрантов *Rhopalosiphum padi* (L.) при питании на яровой мягкой пшенице с. Ленинградка/Ленинградская 6

Учитывая особенности эмбриогенеза тлей, показатели численности и состава потомства эмигрантов помимо генотипических характеристик клонов отражали вклад материнского поколения, питавшегося до созревания на первичном хозяине, а также – реактивность их потомков на условия развития на вторичном. Развитие материнского поколения эмигрантов на черемухе проходило в течение апреля-мая. Для выживаемости и успешности развития тлей в этот период важное значение имеет гидротермический режим, который в значительной степени определяет, как состояние самих насекомых, так и их кормового растения. В указанные годы погода стояла сухая, количество осадков не превышало 60.4% от средних многолетних значений. Наибольшее значение для выживаемости личинок, вышедших из яиц, оказывают заморозки в начале апреля [Верещагина, Гандрабур, 2016, б]. Апрель 2000 г. был самым теплым за последние годы. В 2004 г. заморозки до  $-7.5^{\circ}\text{C}$  наблюдались 2 апреля, однако ровная и теплая погода в дальнейшем позволила выжить клонам, которые вышли из яиц позже или пережили эти заморозки. Июнь 2004 г. отличался прохладной погодой (средняя температура составила  $+14.81^{\circ}\text{C}$ , на  $1^{\circ}$  ниже средней многолетней) и большим количеством осадков: 135.9% от средних многолетних показателей. Возможно, это повлияло на дальнейшее массовое развитие тлей на яровой пшенице. Поздние заморозки до  $-3.1^{\circ}\text{C}$  были 18 мая в 2006 г. В это время произошло редкое явление массовой миграции ведущих оседлый образ жизни самок-основательниц к верхней части побегов, где они укрывались среди листьев. В результате гибели, численность тлей на черемухе снизилась.

В другие годы средний показатель численности потомства эмигрантов составлял от  $328.4 \pm 21.7$  в 2017 г. до  $746.1 \pm 68.4$  личинок в 2013 г. У большинства клонов в 2009; 2010; 2012; 2014–2017 гг. численность потомства не превышала 500–600 особей. На снижение численности клонов тлей весной влияют также условия их развития в предшествующий период. Длительная сухая и жаркая погода летом (2000–2002 гг.; 2005 г.; 2006 г. и 2010–2013 гг.) с температурой, превышающей порог развития тли (более  $+30^{\circ}\text{C}$ ), короткая и холодная с большим количеством осадков осень 2001г., 2004 г., 2012 г., 2015 г. и зима с суровыми морозами ниже  $-30^{\circ}\text{C}$  (2003 г.; 2006 г.; 2007 г.) могли вызвать избирательное снижение численности тлей у различных клонов в течение лета, при откладке зимующих яиц и их выживаемости в течение зимы.

Многими авторами отмечается значительная роль биоценотического пресса энтомофагов в регулировании численности злаковых тлей [Бокина, 2009]. Однако взаимодействия этих и других факторов в стабилизации природных и антропогенных систем до конца еще не изучены [Фролов, 2017].

В результате многолетних исследований нами было выявлено, что большинство клонов, представленных эмигрантами *Rh. padi*, питавшихся на всходах яровой мягкой пшеницы сс. Ленинградка/Ленинградская 6, либо не имеет, либо имеет в своем составе менее 10% крылатых особей за редкими исключениями в 2000г. и 2004 г. в потомстве клонов с высокой скоростью репродукции. Кроме этого следует отметить периодическое появление клонов с “нестандартным” количеством крылатых особей в потомстве эмигрантов. Например, в 2000 г., даже при высокой

плотности колоний отмечено 10% клонов, у которых в потомстве не было крылатых самок, в то же время в 2011 г. при низкой численности колоний лишь 15.1% клонов не имело в своем потомстве крылатых виргинопар, тогда как в другие годы с низкой численностью потомства у эмигрантов они составляли до 93%.

Формирование численности популяции тлей на посевах с.-х. культур происходит сначала при заселении растений и размножении эмигрантов, развивавшихся на первичном хозяине, где был заложен их эмбриональный запас, затем – их бескрылых и крылатых потомков. Численность и миграции расселительниц будут увеличиваться по мере роста плотности колоний тлей. Каждая из онтогенетических морф, обитающих на вторичном хозяине, имеет свои особенности эпигенеза и реактивности на воздействие внешних факторов. Биологические особенности морф имеют прямое отношение к степени наносимого ими вреда в связи со скоростью воспроизводства и расселения.

По показателю  $P_{14}$  (рис. 2, 3, 4), выявлена положительная средняя и сильная корреляция между всеми морфами: эмигрантами и бескрылыми виргинопарами ( $r=0.84$ ;  $t=4.4 > t_{0.01}$ ); бескрылыми и крылатыми виргинопарами ( $r=0.61$ ;  $t=2.23 = t_{0.05}$ ); эмигрантами и крылатыми виргинопарами ( $r=0.76$ ;  $t=3.4 > t_{0.01}$ ). Однако, в среднем численность потомков у эмигрантов значительно выше, чем у бескрылых ( $t=2.46 > t_{0.05}$ ) и у крылатых виргинопар ( $t=2.7 > t_{0.05}$ ).

Потомство морф различно по своему составу. Обычно в первом потомстве эмигрантов, как уже указывалось, крылатых самок нет, хотя бывают исключения (рис. 1, 2). В данном опыте был обнаружен один клон (№3), в котором количество крылатых особей в первом потомстве составило 5.7% и количество нимф превысило их содержание у других клонов (рис. 2–4), при этом в потомстве бескрылых и крылатых виргинопар этого клона крылатых особей не было, а количество нимф оказалось низким, что нетипично для тлей. У других клонов в первом потомстве крылатых виргинопар крылатых самок не было, либо их количество составляло менее 2%, а в потомстве бескрылых виргинопар у всех клонов (кроме №3) присутствовали крылатые. Следует отметить, что их количество определялось не только плотностью колоний, но и специфичностью развития клона. В целом, потомство крылатых морф по составу более однородное.

Нами показано, что эмигранты из последней (четвертой) генерации тлей на черемухе, развивавшиеся в условиях высокой плотности колоний, имели менее многочисленное потомство ( $199.6 \pm 11.6$ ), чем эмигранты из второй генерации, развивавшиеся в рыхлых колониях ( $371.8 \pm 136$ ;  $t=2.57 > t_{0.05}$ ). Однако, все клоны поздней генерации имели среди потомков крылатых самок и большее количество нимф, чем клоны ранней генерации (10.3% и 6.6% соответственно). Такой состав потомства обеспечивает им быстрое расселение для оптимизации условий обитания и восстановления репродуктивного потенциала. Данный опыт может быть примером трансгенеративного влияния материнского поколения из плотных колоний на индуцирование крылатости у потомков, питавшихся в условиях низкой плотности.

Таким образом, различные морфы в эпигенезе клона, несмотря на общность генотипа, будут по-разному реагировать на условия обитания, а значит подвергаться различ-

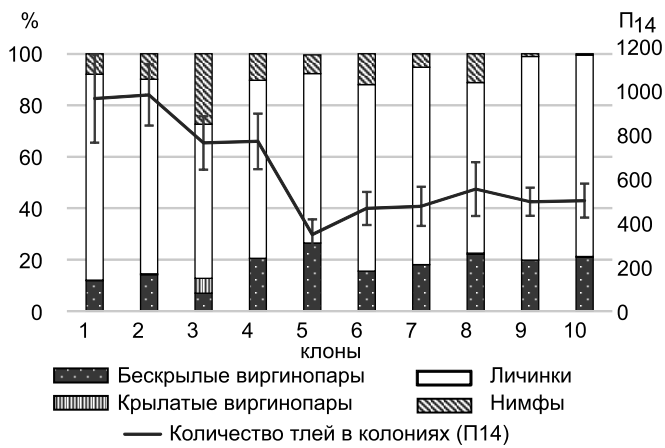


Рисунок 2. Численность и состав потомков эмигрантов различных клонов *Rhopalosiphum padi* (L.)

Примечание: Линия на рис. 2–4 показывает различие в численности потомков у соответствующих морф.

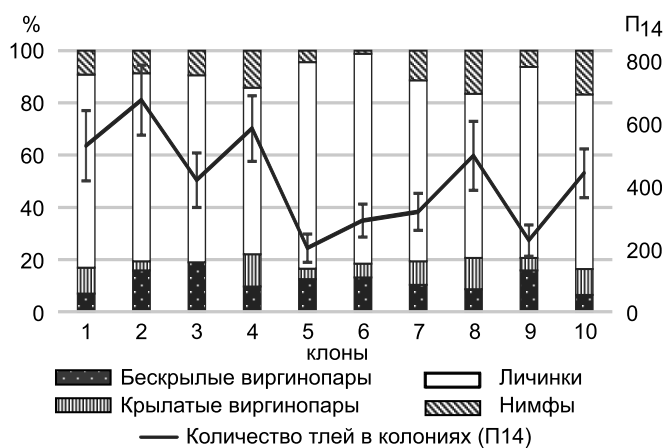


Рисунок 3. Численность и состав потомков бескрылых виргинопар различных клонов *Rhopalosiphum padi* (L.)

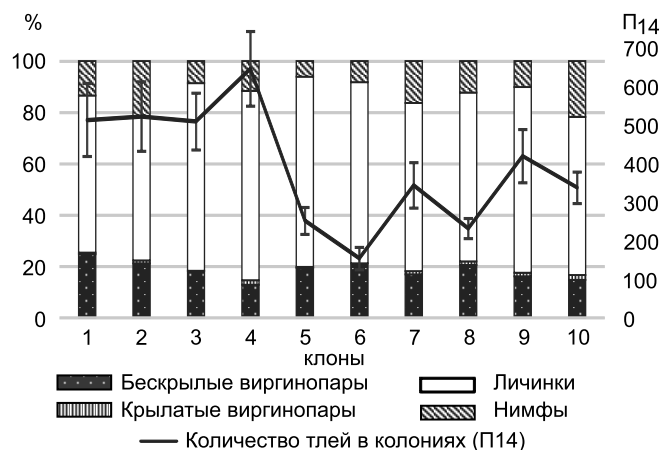


Рисунок 4. Численность и состав потомков крылатых виргинопар различных клонов *Rhopalosiphum padi* (L.)

ному действию селективного отбора и влиять на изменчивость каждого клона и их совокупности в популяции.

Специфика клонального развития тлей ведет к различиям в их способности к освоению растений-хозяев, отличных по степени пригодности для питания (рис. 5a-d).

Если численность потомков между эмигрантами клона 1 и клона 2 при пересадке с черемухи на благоприятный для развития тлей с. Ленинградская 6 различалась в 1.3 раза, то при пересадке тех же клонов на неблагоприятный с. Дельфи 400 – в 3 раза и была существенно ниже

при более высокой дисперсии (рис. 5a-d). Подобные различия сохранились и в последующих генерациях как для бескрылых, так и крылатых виргинопар. Эмигранты для опыта были взяты из поздних генераций тли на черемухе, когда показатели репродукции снижаются, поэтому численность их колоний не превышала численности потомства виргинопар во втором учете. Количество потомков зависит также от продолжительности периода от рождения до начала репродукции у потомков обеих морф. Нами показано, что при питании на с. Ленинградская 6 бескрылые виргинопары начинали репродукцию через  $9.0 \pm 0.1$ , крылатые – через  $11.3 \pm 0.1$  дней после рождения, а на с. Дельфи 400 – через  $10.2 \pm 0.2$  и  $12.6 \pm 0.4$  дней соответственно. Следует отметить, что в 7-ми вариантах из 10-ти в составе колоний тлей на Дельфи 400 количество крылатых самок и нимф было выше, несмотря на более низкую численность колоний.

Таким образом, при питании на неблагоприятном сорте пшеницы увеличивался период до начала репродукции у бескрылых и крылатых виргинопар, снижалась скорость репродукции всех морф, увеличивался размах ее варьирования между особями во всех вариантах опыта и наблюдалась тенденция к увеличению формирования мигрирующих особей.

Изучение спектра репродуктивных тактик в популяции *Rh. padi*, обитающей на Северо-Западе, позволило обнаружить не только голоциклические, но и “смешанные” клоны, способные к длительной аноклики. Этот факт имеет важное значение для определения степени изменчивости и формирования вредоносности вида, особенно в условиях глобального потепления, когда становится возможной перезимовка таких клонов в партеногенетической фазе [Верещагина, Гандрабур, 2016 (a); Ming-Chih Chiu et al., 2012].

Анализ собственного опыта работы с тлями, а также данных других авторов позволяет нам сделать ряд методических рекомендаций для исследования клональных адаптаций в популяциях тлей в течение летнего периода. Они включают изучение клонального состава, характеристики морф и генераций тлей и могут быть использованы для выявления дестабилизации развития популяции в измененных условиях обитания и питания.

1. Клональный состав популяций тлей ежегодно изменяется, поэтому необходим его регулярный мониторинг для контроля стабильности популяции и выбора опытных клонов при необходимости дальнейших исследований. Для этой цели у голоциклических видов удобно использовать эмигрантов на вторичные хозяева, собранных из удаленных друг от друга мест обитания.

2. Следует обращать особое внимание на клоны, развитие которых отклоняется от основной схемы фенотического пути и может обнаруживать скрытый адаптивный потенциал.

3. Поскольку эпигенез каждой из морф тлей специфичен, для полноты представлений о реактивности клона на летнего хозяина рекомендуется использовать все обитающие на нем морфы.

4. Различия в показателях развития у бескрылых и крылатых морф (фенов) и их соотношения в колониях влияет на численность и состав их потомков и имеет значение при анализе изменений в размножении тлей.

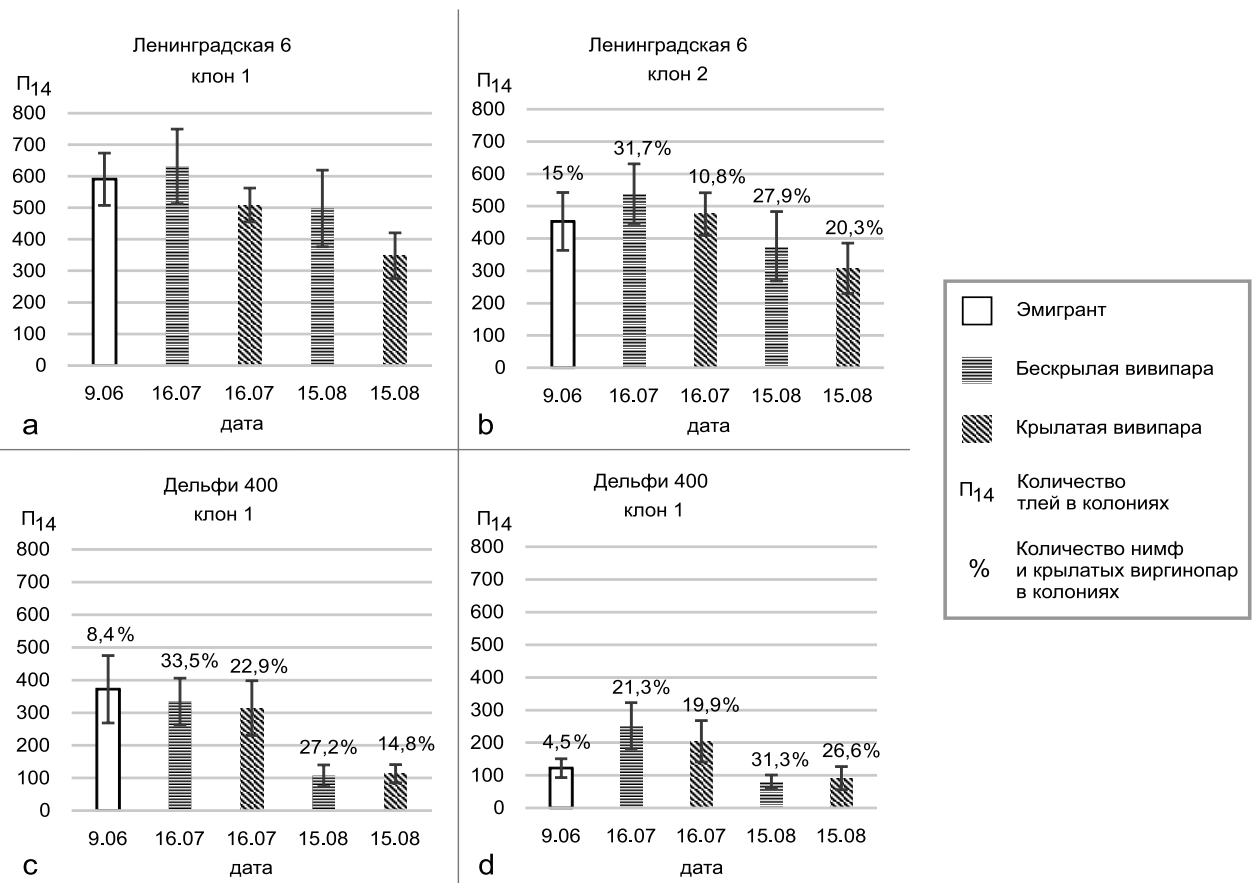


Рисунок 5 a-d. Численность и состав потомства у летних морф *Rhopalosiphum padi* (L.) при питании на яровой мягкой пшенице с. Ленинградская и с. Дельфи 400 в течение ряда генераций

5. В оценку успешности развития клонов, т.е. составляющих их морф (эмигрантов, бескрылых и крылатых виргинопар) необходимо включать показатели репродукции не только материнского, но и последующих поколений, а также способности клона к расселению (количество крылатых особей и нимф в потомстве). Такие характеристики можно получить на основании учетов численности и состава потомства у самок через 14 дней от начала репродукции.

6. Поскольку развитие потомков у тлей в значительной степени предопределено еще в период эмбриогенеза, развитие тестируемых особей, начиная с личинки 1 возраста, должно происходить в контролируемых условиях питания, плотности поселения, морфы родительского поколения. Неблагоприятное питание, скученность и бескрылость матерей часто вызывают повышение количества крылатых потомков.

7. При изучении выбора растений тлями лучше использовать летних крылатых расселительниц, исходя из их основной функции в жизненном цикле вида и миграциями только на ближние расстояния. При этом следует учитывать, что реактивность тлей, летающих на растение, может не соответствовать ответам тех же тлей при контакте с растением.

8. При изучении развития эмигрантов и крылатых виргинопар необходим контроль начала их репродукции в связи с различиями в миграционном поведении этих морф.

9. Следует учитывать, что особи различных генераций тлей в течение сезона меняют плодовитость и состав потомства, что повлияет на результаты учетов.

Таким образом, на примере *Rh. padi* представлены особенности проявления экологической пластичности тлей. Установлено, что она определяется, как высокой степенью генетической (эпигенетической) полиморфности совокупности клонов в популяции, так и широкими пределами адаптивных норм отдельных морф и фенотипов, составляющих генерации в жизненном цикле каждого из них. На основании анализа данных других авторов и собственных исследований показано, что механизмы, лежащие в основе формирования крылового и репродуктивного полиморфизма и полифенизма у тлей очень сложны и кроме видовой и клональной специфичности обусловлены сочетанием факторов, влияющих на потомство трансгенеративно, т.е. через отражение условий онтогенеза матери, и воздействующих на уже рожденное потомство. В результате взаимодействия этих механизмов и в зависимости от погодной обстановки в популяциях *Rh. padi* появляются клоны с необычными характеристиками – повышенной скоростью репродукции и быстрым увеличением численности колоний на первичном хозяине. В таких клонах обнаружены эмигранты, способные вызвать массовое размножение тлей на вторичных хозяевах. Отмечены клоны с нетипичным количеством расселительниц в первом потомстве крылатых морф и в колониях тлей с низкой численностью. Установлены различия в показателях развития и поведения у бескрылых и крылатых морф *Rh. padi* при воспитании на сортах яровой мягкой пшеницы, отличных по благоприятности для питания. Полученные результаты позволили предложить методические приемы для индикации реактивности тлей на внешние факторы.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-16-04079).



## Библиографический список (References)

- Берим М.Н. Наиболее вредоносные виды тлей на Северо-Западе России / М.Н. Берим // *Защ. и кар. раст.*, 2014. N9. С. 26–28.
- Бокина И.Г. Злаковые тли и их энтомофаги в лесостепи Западной Сибири / И.Г. Бокина, Н.Г. Власенко (ред.) // *РАСХН Сибирский НИИ земледелия и химизации*. Новосибирск, 2009. 182 с.
- Верещагина А.Б. Индикация клонов черемухово-злаковой тли в связи с адаптацией к кормовым растениям / А.Б. Верещагина // *Фитосанитарное оздоровление экосистем: 2 Всерос. съезд по защ. раст.*, Санкт-Петербург, 5–10 дек. 2005. СПб: Всероссийский НИИ защиты растений РАСХН, 2005. Т.1, С. 410–411.
- Верещагина А.Б. Классификация кормовых растений тлей (Homoptera, Aphididae) в связи с их выбором и освоением тлями в современных условиях трансформации биогеоценозов / А.Б. Верещагина, Б.В. Верещагин // *Энтомологическое обозрение*, 2013. Т. XCII, N2. С. 265–281.
- Верещагина А.Б. Изменчивость параметров развития клонов черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera, Aphididae) в течение жизненного цикла как генотипическая адаптация данного вида / А.Б. Верещагина, Е.С. Гандрабур // *Энтомологическое обозрение*, 2016 а. XCV(4). С. 729–747.
- Верещагина А.Б. Развитие черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera: Aphidoidea) при питании на образцах черемухи с различными сроками вегетации и морфо-физиологическими характеристиками на Северо-Западе РФ / А.Б. Верещагина, Е.С. Гандрабур // *Сохранение разнообразия растительного мира в ботанических садах: традиции, современность, перспективы*. Материалы Международной конф., посвященной 70-летию Центрального сибирского ботанического сада (Новосибирск, 1–8 августа 2016). Новосибирск: ЦСБС СО РАН, 2016 (б). 354 с. С.50–53.
- Поляков И.Я. Фитосанитарная диагностика в интегрированной защите растений / И.Я. Поляков, М.М. Левитин, В.И. Танский // *Москва: Колос*, 1995. 208 с.
- Фролов А.Н. Динамика численности и прогноз массовых размножений вредных насекомых: исторический экскурс и пути развития. Аналитический обзор / А.Н. Фролов // *Вестник защиты растений*, 2017. 4(94). С. 5–21.
- Ming-Chih Chiu The effect of experimental warming on a low-latitude aphid, *Myzus varians* / Chiu Ming-Chih Chen, Ying-Hsin, Kuo Mei-Hwa // *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2012. V. 142 (3). P. 216–222.

## Translation of Russian References

- Berim M.N. The most harmful species of aphids in the Northwest Russia. Zashchita i karantin rasteniy. 2014. N 9. P. 26–28. (In Russian).
- Bokina I.G. Cereal aphids and their entomophages in the Western Siberia forest-steppe. RASHN. Sibirskiy NII zemledeliya i khimizatsii. Novosibirsk, 2009. 182 p. (In Russian).
- Frolov A.N. The dynamics of numbers and the forecast of mass breeding of harmful insects: a historical overview and perspectives. Analytical review. Vestnik zashchity rasteniy. 2017. N4. P. 5–21. (In Russian).
- Polyakov I.Ya., Levitin M.M., Tanskiy V.I. Phytosanitary diagnostics in integrated plant protection. Moscow. Kolos. 1995. 208 p. (In Russian).
- Vereschagina A.B. Gandrabur E. S. Variability of the bird cherry—oat aphid *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera, Aphididae) clones development parameters during the life cycle as genotypic adaptations of this species. Entomologicheskoye obozreniye. 2016 (a). V. 45. N 4. P. 729–747. (In Russian).
- Vereschagina A.B. Gandrabur E.S. Development of the bird cherry-oat aphid *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera, Aphididae) during feeding on the

Plant Protection News, 2018, 4(98), p. 13–17

## FORMATION OF POPULATION STRUCTURE IN APHIDS AND METHODS OF ITS ESTIMATION USING THE CASE-STUDY OF CHERRY-OAT APHID *RHOPALOSIPHUM PADI* (L.) (HOMOPTERA: APHIDIDAE) (PART 2)

E.S. Gandrabur, A.B. Vereschagina

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

The text of the article is presented in two parts. The number and composition in progeny of *Rhopalosiphum padi* (L.) clones, migrated on the secondary host plant, are investigated in the second part of the work. We also consider some weather conditions, related to the aphids development. We provide examples of the clone morphs (phenes) reactivity during feeding on the secondary hosts for several generations with favorable and unfavorable nutrition. The methods for the variability indication in aphid populations, including estimation of the reproduction and settling rates, are proposed.

**Keywords:** clones, morphs, phenotypes, generations, variability, progeny number, resettlement.

Received: 24.04.2018

Accepted: 20.11.2018

## Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация  
\*Гандрабур Елена Сергеевна. Младший научный сотрудник, аспирант, e-mail: helenagandrabor@gmail.com  
Верещагина Алла Борисовна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук

\* Ответственный за переписку

## Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation  
\*Gandrabor Elena Sergeevna. Junior researcher, PhD student, e-mail: helenagandrabor@gmail.com  
Vereschagina Alla Borisovna. Senior Researcher, PhD in Biology

\* Corresponding author

## СЕЗОННАЯ ВАРИАЦИЯ ОТЛОВА САМЦОВ КУКУРУЗНОГО МОТЫЛЬКА *OSTRINIA NUBILALIS* HBN. ФЕРОМОННЫМИ ЛОВУШКАМИ И ЕЕ СВЯЗЬ С ДИНАМИКОЙ ЧИСЛЕННОСТИ ВРЕДИТЕЛЯ

А.Н. Фролов, И.В. Грушевая

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Результаты испытаний половых феромонов кукурузного мотылька в окр. пос. Ботаника Краснодарского края в 2014–2018 гг. показали, что относительная аттрактивность феромонных композиций Z, E и ZE меняется пропорционально колебаниям численности вредителя: с ростом последней доля самцов в ловушках с феромоном Z падает, а E и ZE увеличивается, причем при снижении численности происходят обратные изменения в относительной аттрактивности феромонных композиций. Установлены статистически достоверные связи между суммарным числом самцов перезимовавшего и первого поколений, пойманных в ловушки с феромонами Z, E и ZE, и плотностью питающихся на растениях кукурузы гусениц дочерних, т.е. первого и второго поколений. Достоверная связь выявлена также между плотностью гусениц второго поколения и числом самцов первого поколения, пойманных в ловушки с феромоном Z, но не между плотностью гусениц первого поколения и числом самцов перезимовавшего поколения в ловушках с феромоном Z.

**Ключевые слова:** кукурузный мотылек, *Ostrinia nubilalis*, половые феромоны, ловушки, учёты численности.

Поступила в редакцию: 02.10.2018

Принята к печати: 20.11.2018

Благодаря своим уникальным свойствам — селективности действия, высокой эффективности, низкой токсичности, хорошей летучести и слабой персистентности — феромоны всё шире используются в интегрированных системах защиты растений и в первую очередь для фитосанитарного мониторинга вредных членистоногих [Пятнова и др., 2016; Рябчинская, Фролов, 2016; Долженко, 2017]. Основным условием эффективного применения феромонов для мониторинга является наличие устойчивой связи между числом отловленных феромонными ловушками имаго и плотностью преимагинальных стадий дочернего поколения, которая проявляется далеко не всегда и ее уровень сильно варьирует в зависимости от множества факторов — биологических свойств вредного вида, его популяционной изменчивости, погодно-климатических условий, хозяйственной деятельности человека, конструкции и размещения ловушек и т.д. [Miluch et al., 2013; Rhainds et al., 2015; Carrière et al., 2017; Mason, Isaacs, 2018]. В отношении многих вредных видов, включая кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* Hbn., самые противоположные мнения

высказывались даже по поводу применения феромонов для наблюдения за динамикой лёта имаго. Так, хотя очень многие исследователи пишут о том, что феромонные ловушки служат удобным средством учёта численности вредителя [Reardon et al., 2006; Laurent, Frérot, 2007; Войняк, Ковалев, 2010; Фролов, Грушевая, 2017], нередко сообщается о ненадежности, либо невозможности применения синтетических аналогов половых феромонов вредителя для его мониторинга [Stockel et al., 1984; Maini, Burgio, 1994; Keszthelyi, Lengyel, 2003; Cizej, Persolja, 2013]. Кроме того, использование феромонов для учета численности кукурузного мотылька осложнено также наличием у этого насекомого феромонного полиморфизма [Lassance, 2016].

Настоящая статья является продолжением ранее начатых исследований [Фролов, Грушевая, 2017] и преследует цель оценить вариацию отлова самцов кукурузного мотылька феромонными ловушками в связи с колебаниями численности вредителя в Краснодарском крае, где ежегодно развивается два поколения насекомого в сезоне.

### Материал и методы исследований

Исследования проводили в 2014–2018 гг. на посевах кукурузы Кубанской опытной станции ВИР и НПО «КОС-МАИС» в окр. пос. Ботаника (Гулькевический р-н), расположенного в равнинной восточной степной зоне Краснодарского края между городами Армавир и Кропоткин вблизи границы со Ставропольским краем с координатами 45°12'51" с. ш. и 40°47'41" в. д. Стандартные клеевые ловушки в форме треугольной призмы с диспенсерами трех типов, предназначенных для отлова особей Z (97% Z11- : 3% E11-14:OAc), E (1% Z11- : 99% E11-14:OAc) рас и гибридов F<sub>1</sub> (ZE) между ними (35% Z11- : 65% E11-14:OAc) производства АО «Щелково Агрохим» устанавливали в трехкратной повторности (в качестве повторности использовалась 1 ловушка с диспенсером каждого типа) на 3–5 полях кукурузы ежегодно по стандартной схеме (расстояние между ловушками внутри

повторности 30 м, расстояние между повторениями — 100 м) [Шапиро и др., 1979] в сроки, предшествующие ожидаемому началу лёта имаго перезимовавшего и первого поколений. Осмотр ловушек и подсчет отловленных имаго проводили каждые 3–4 дня, начиная с момента попадания в ловушку первой бабочки (до этого момента ловушки осматривали ежедневно) [Шапиро и др., 1979]. Перед началом лёта имаго следующего поколения производили смену клеевых вкладышей и диспенсеров. Спустя 7–10 дней после завершения лёта имаго родительского поколения на каждом из опытных полей проводили учёты плотности особей дочернего поколения (живых и мертвых гусениц, включая зараженных и погибших от энтомофагов) на 15–20 учётных площадках из пяти растений каждая [Фролов, Малыш, 2004].

### Результаты и обсуждение

Данные, характеризующие вариацию отлова самцов кукурузного мотылька перезимовавшего и первого поколений феромонными ловушками и динамику плотностей питающихся на растениях гусениц первого и второго поко-

лений за 2014–2018 гг., представлены в таблице 1. Результаты испытаний подтверждают ранее сделанный вывод о том, что на территории проведения работ подавляющее большинство особей кукурузного мотылька привлекается

синтетическим аналогом полового феромона, свойственного феромонной расе Z [Фролов, 1984]. При этом важно отметить, что относительная аттрактивность феромонных композиций на протяжении пятилетнего периода наблюдений существенно менялась в зависимости от численности кукурузного мотылька на территории проведения работ. Так, на протяжении 2014–2017 гг. наблюдался рост средних значений плотности гусениц: в 2014 г. они составляли 3.8 и 4.0 особей в расчете на 1 м<sup>2</sup> посева кукурузы в первом и втором поколениях соответственно, в 2015 г. — 5.3 и 36.8, в 2016 г. — 12.1 и 40.9, а в 2017 г. — 4.4 и 55.0 особей соответственно. В 2018 г. плотность гусениц существенно снизилась, составив в среднем в первом поколении 4.7, а

во втором — 7.4 особей на 1 м<sup>2</sup> посева кукурузы. Соответственно колебаниям численности насекомого были отмечены существенные изменения относительной аттрактивности феромонных композиций (табл. 1): при низкой численности вредителя (2014 г. и первая половина 2015 г.) практически все 100% самцов обнаруживались в ловушках с феромоном расы Z, по мере роста численности (вторая половина 2015 г. и 2016 г.) доля самцов, отловленных в ловушки с феромонами E и ZE повышалась, достигнув максимума в период пика численности насекомого (вторая половина 2017 г.), но когда численность вредителя опять снизилась (2018 г.) аттрактивность феромонов Z расы снова приблизилась к 100%.

Таблица. Количество пойманных в феромонные ловушки имаго и плотность гусениц кукурузного мотылька на учетных посевах кукурузы (Кубанская опытная станция ВИР, НПО «КОС-МАИС», 2014–2018 гг.)

Год	Текущее поколение имаго в сезоне	Гибрид кукурузы	Площадь посева, га	Кол-во самцов текущего поколения в расчете на 1 ловушку с феромоном			Плотность гусениц следующего поколения на 1 кв. м. посева кукурузы*)
				Z	E	ZE	
2014	перезимовавшее	Кубанский 101	70	1.7	0	0	2.9±0.31
		Кубанский 280	50	1.7	0	0	0.9±0.25
2015	первое	Кубанский 280	50	3.0	0	0	2.6±0.60
		Обский 140	70	2.7	0	0.3	3.4±0.54
	перезимовавшее	Кубанский 330	40	1.3	0.3	0	1.9±0.38
		Кубанский 141	20	1.7	0	0	1.8±0.33
	первое	Кубанский 330	40	15.3	3.3	3.7	37.5±2.56
		ДК 3511	14	2.3	0.7	0	9.7±2.14
2016	перезимовавшее	Аполлон 350	20	7.3	2.0	0.7	24.3±2.37
		Леденец	10	2.7	0.3	0	2.4±0.21
	перезимовавшее	Кубанский 101	50	3.0	1.3	0.3	5.2±0.34
		Кубанский 250	75	9.7	0	0.3	3.1±0.60
	первое	Командос	10	14.3	1.0	0.7	12.9±1.16
		Кубанский 250	75	10.3	0.3	0	14.7±1.03
2017	перезимовавшее	KWS Командос	15	2.3	0	0.7	3.7±0.33
		KWS Керберос	15	3.3	0.3	0.3	1.2±0.33
		KWS 6471	14	7.7	0	2.0	0.9±0.24
		Краснодарский 377	20	5.7	0	0.3	1.5±0.27
	первое	Кубанский 101	100	5.3	0	0	11.6±1.75
		KWS Командос	15	13.0	1.3	3.3	18.4±1.99
2018	перезимовавшее	KWS Керберос	15	12.3	1.7	7.0	16.7±2.69
		KWS 6471	14	8.0	1.0	7.7	14.3±1.76
		Краснодарский 377	20	7.3	0	9.3	21.0±2.56
		KWS Керберос	15	2.7	0	0.3	4.8±0.69
	первое	Кубанский 102	70	4.3	0	0	2.1±0.51
		Одиссей 230	30	4.0	0	0	4.0±0.72
первое	KWS Керберос	15	8.3	0.7	0.7	2.9±0.87	
	Одиссей 230	30	3.7	0	0	1.2±0.38	

\*)  $\bar{x} \pm SE$

Анализ зависимости плотности гусениц дочернего поколения от числа пойманных в ловушки самцов родительского поколения выявил интересные закономерности. Так, хотя статистически достоверной связи между числом самцов перезимовавшего поколения, пойманных в ловушки с феромоном расы Z, и плотностью питающихся на растениях кукурузы гусениц первого поколения связь (рис. 1) выявить не удалось ( $r = 0.09$ ,  $p = 0.727$ ), но если в анализ включить самцов, пойманных в ловушки со всеми тремя композициями феромонов (Z, E и ZE), то связь (рис. 2) приобретает статистически достоверный характер ( $r = 0.66$ ,  $p = 0.005$ ). Что же касается зависимости плотности гусениц второго поколения от числа пойманных в ловуш-

ки самцов первого (рис. 3, 4), то она обнаруживает высокий уровень статистической значимости вне зависимости от того, включены ли в учёт самцы, пойманные лишь в ловушки с феромоном расы Z ( $r = 0.63$ ,  $p = 0.027$ ), либо всеми тремя композициями — Z, E и ZE ( $r = 0.73$ ,  $p = 0.007$ ).

Динамика расового состава кукурузного мотылька — вопрос, хотя и важный как в теоретическом, так и практическом отношении, но слабо освещенный в литературе. Так, Клайд Соренсон с соавторами [Sorenson et al., 2005] сообщали о динамике географического распространения рас кукурузного мотылька на территории штата Северная Каролина, однако литературные сведения о вариации соотношения рас вредителя в зависимости от численности

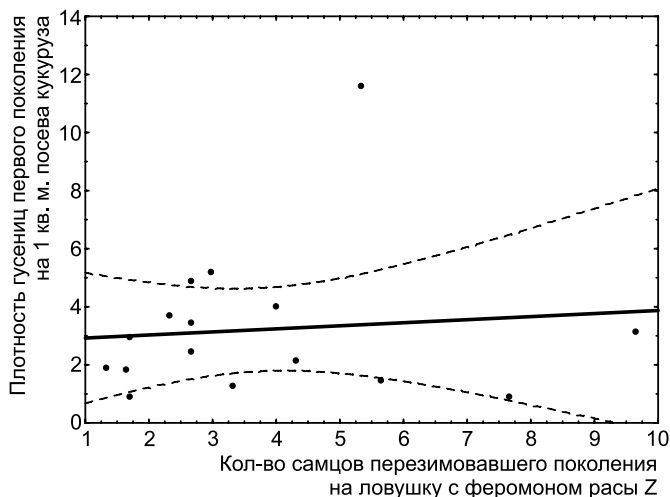


Рисунок 1. Зависимость плотности питающихся на растениях кукурузы гусениц кукурузного мотылька первого поколения от числа самцов перезимовавшего поколения, пойманных в ловушки с феромонами Z-расы (пос. Ботаника, 2014–2018 гг.)

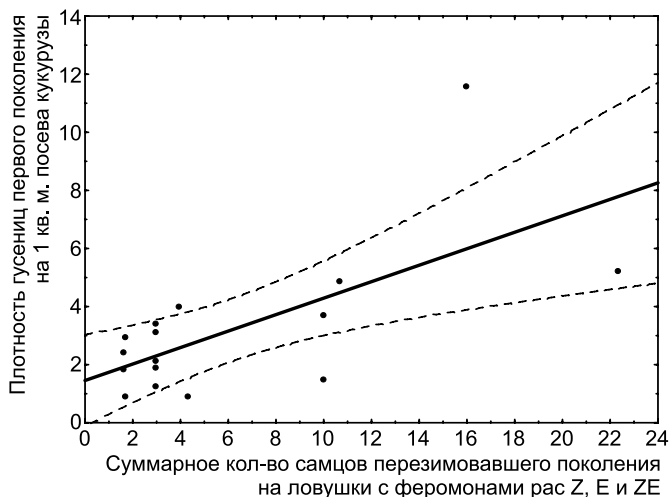


Рисунок 2. Зависимость плотности питающихся на растениях кукурузы гусениц кукурузного мотылька первого поколения от числа самцов перезимовавшего поколения, пойманных на ловушки с феромонами Z, E и ZE-рас вредителя (пос. Ботаника, 2014–2018 гг.)

насекомого нам неизвестны. Безусловно, обнаруженный феномен требует дополнительного изучения, в т.ч. анализа природы эффекта и его распространенности в популяциях вредителя. Пока лишь очевидно, что феромоны широко распространенной в России расы Z [Фролов, 1984] можно рекомендовать в качестве средства сезонного мониторин-

Работа осуществлялась в соответствии с Договором между ФГБНУ ВИЗР и ЗАО «Щелково Агрохим».

Авторы благодарят ведущего научного сотрудника АО «Щелково Агрохим» Ю.Б.Пятнову за предоставленный материал, руководство и сотрудников Кубанской опытной станции ВИР и НПО «КОС-МАИС» за предоставленную возможность проведения учетов численности кукурузного мотылька на производственных посевах кукурузы.

#### Библиографический список (References)

- Войняк В.И., Ковалев Б.Г. Эффективность половых феромонов вредителей кукурузы. // Защита и карантин растений. 2010. N 7. С. 25–26.
- Долженко Т.В. Биологизация и экологическая оптимизация ассортимента средств защиты сельскохозяйственных культур от вредителей: Автореф. дисс. на соискание учёной степени доктора биол. наук. СПб-Пушкин, 2017. 43 с.
- Пятнова Ю.Б., Лебедева К.В., Каракотов С.Д. Феромоны насекомых: на службе защиты растений. // Защита и карантин растений. 2016. N 5. С. 37–40.
- Рябчинская Т.А., Фролов А.Н. Состояние исследований и перспективы использования феромонов на полевых культурах // Защита и карантин растений. 2016. N 8. С. 11–14.
- Фролов А.Н. Биотаксономический анализ вредных видов рода *Ostrinia* Hbn. В кн.: Этология насекомых (Тр. ВЭО, Т. 66). Л.: Наука, 1984. С. 4–100.
- Фролов А.Н., Грушевая И.В. Феромониторинг кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* Hbn. (Lepidoptera: Crambidae) в Краснодарском крае: динамика численности самцов и гусениц на посевах кукурузы // Вестник защиты растений. 2017. N 1 (91). С. 55–58.

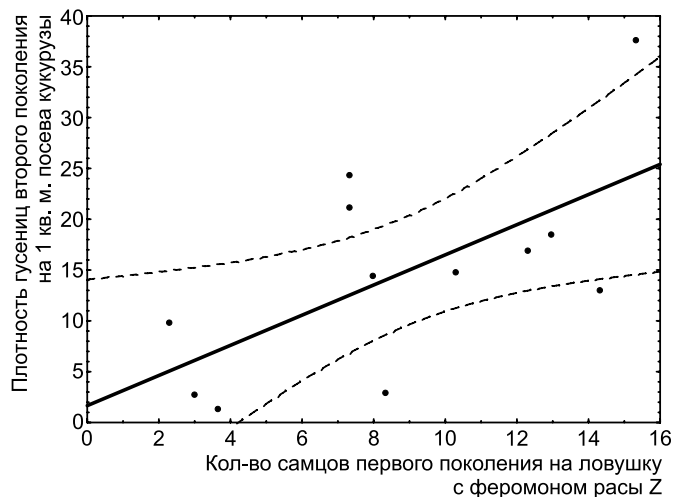


Рисунок 3. Зависимость плотности питающихся на растениях кукурузы гусениц кукурузного мотылька второго поколения от числа самцов первого поколения, пойманных в ловушки с феромонами Z-расы (пос. Ботаника, 2014–2018 гг.)

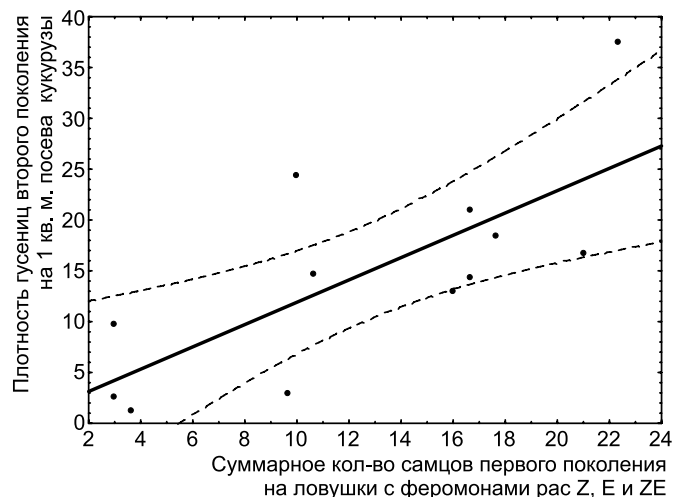


Рисунок 4. Зависимость плотности питающихся на растениях кукурузы гусениц кукурузного мотылька второго поколения от числа самцов первого поколения, пойманных в ловушки с феромонами Z, E и ZE-рас вредителя (пос. Ботаника, 2014–2018 гг.)

га динамики численности лишь второго, но не первого поколения вредителя в Краснодарском крае, тогда как сезонный мониторинг численности гусениц первого поколения по данным феромониторинга перезимовавшего поколения, вероятно, требует использования ловушек, снабженных всеми тремя композициями феромона (Z, E и ZE).

- Фролов А. Н., Малыш Ю. М. Плотность размещения и смертность яиц и гусениц младших возрастов кукурузного мотылька на растениях кукурузы // Вестник защиты растений. 2004. N 1. С. 42–55.
- Шапиро И.Д., Вилкова Н.А., Фролов А.Н. Методические указания по использованию синтетических половых феромонов стеблевого мотылька. ВНИИ защиты растений. Ленинград: ВИЗР, 1979. 14 с.
- Carrière Y., Antilla L., Liesner L., Tabashnik B.E. Large-scale evaluation of association between pheromone trap captures and cotton boll infestation for pink bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae). // J. Econ. Entomol. 2017. V. 110, N 3. P. 1345–1350.
- Cizej R.M., Persolja J. The methods of monitoring and management the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) in Slovenian hop garden. // International Hop Growers' Convention. Proc. Sci. Commission, Kiev, Ukraine, 04–09 June 2013. P. 69–72.
- Keszthelyi S., Lengyel Z. Flight of the European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) as followed by light-and pheromone traps in Várda and Balatonmagyaród 2002 // J. Central European Agric. 2003. V. 4, N 1. P. 55–64.
- Lassance J.-M. The European corn borer *Ostrinia nubilalis*: exotic pest and model system to study pheromone evolution and speciation // In: Pheromone Communication in Moths: Evolution, Behavior, and Application. J.D. Allison, R.T. Cardé (eds.) Univ. Calif. Press, Oakland, CA. 2016. P. 233–244.
- Laurent P., Frérot B. Monitoring of European corn borer with pheromone-baited traps: review of trapping system basics and remaining problems. // J. Econ. Entomol. 2007. V. 100, N 6. P. 1797–1807.
- Maini S., Burgio G. *Ostrinia nubilalis* (Hb.) (Lep., Pyralidae) on sweet corn: relationship between adults caught in multibaited traps and ear damages // J. Applied Entomol. 1999. V. 123, N 3. P. 179–185.
- Mason K.S., Isaacs R. Juice grape canopy structure and cluster availability do not reduce middle- and late-season captures of male *Paralobesia viteana* (Lepidoptera: Tortricidae) in sex pheromone traps. // Environ. Entomol. 2018. V. 47, N 3. P. 707–714.
- Miluch C.E., Dossall L.M., Evenden M.L. The potential for pheromone-based monitoring to predict larval populations of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), in canola (*Brassica napus* L.). // Crop Prot. 2013. V. 45. P. 89–97.
- Reardon B.J., Sumerford D.V., Sappington T.W. Impact of trap design, windbreaks, and weather on captures of European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) in pheromone-baited traps. // J. Econ. Entomol. 2006. V. 99, N 6. P. 2002–2009.
- Rhainds M., Therrien P., Morneau L. Pheromone-based monitoring of spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) larvae in relation to trap position. // J. Econ. Entomol. 2015. V. 109, N 2. P. 717–723.
- Sorenson C.E., Kennedy G.G., Schal C., Walgenbach J.F. Geographical variation in pheromone response of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae), in North Carolina: a 20-y perspective. // Environ. Entomol. 2005. V. 34, N 5. P. 1057–1062.
- Stockel J., Sureau F., Carles J.-P. Signification et limites du piégeage sexuel de la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* Hb. (Lépid. Pyralidae): recherche d'une relation entre captures de mâles et niveau de population. // Agronomie, EDP Sciences, 1984. V. 4, N 7. P. 597–602.

#### Translation of Russian References

- Dolzhenko T.V. Biologization and ecological optimization the of assortment of agricultural crop protection means from pests means. Autoref. dissertation na soiskanie uchenoi stepeni doktora biol. nauk. SPb – Pushkin. 2017. 43 p. (In Russian).
- Frolov A.N. Biotaxonomical analysis of harmful species of the genus *Ostrinia* Hbn. In: Ethologiya Nasekomykh (Trudy VEO, TV. 66). Leningrad. Nauka. 1984. P. 4–100. (In Russian).
- Frolov A.N., Grushevaya I.V. Pheromone traps for monitoring the European corn borer *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) in the Krasnodar Territory: dynamics of male number and larva density on maize fields. Vestnik Zashchity rasteniy. 2017. N 1 (91). P. 55–58. (In Russian).
- Frolov A.N., Malyshev Y.M. Distributional densities and mortality of eggs and immature larvae of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, on maize. Vestnik Zashchity rasteniy. 2004. N 1. P. 42–55. (In Russian).
- Pyatnova Y.B., Lebedeva K.V., Karakotov S.D. Insect pheromones serve plant protection. Zashchita i Karantin Rastenii. 2016. N 5. P. 37–40. (In Russian).
- Ryabchinskaya T.A., Frolov A.N. State of research and the future of pheromone usage to protect field crops. Zashchita i Karantin Rastenii. 2016. N 8. P. 11–14. (In Russian).
- Shapiro I.D., Vilkova N.A., Frolov A.N. Methodical instructions on use of synthetic sex pheromones of European corn borer. All-Russian Research Institute of Plant Protection. Leningrad. VIZR. 1979. 14 p. (In Russian).
- Voynyak V. I., Kovalyov B. G. Efficacy of sex pheromones of maize pests. Zashchita i Karantin Rastenii. 2010. N 7. P. 25–26. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 4(98), p. 18–21

## SEASONAL VARIATION IN THE EUROPEAN CORN BORER, *OSTRINIA NUBILALIS* HBN. MALE NUMBER CAPTURED WITH PHEROMONE TRAPS AND ITS CONNECTION WITH PEST POPULATION

A.N. Frolov, I.V. Grushevaya

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

Results of the assays on the European corn borer sex pheromone in the vicinity of the village Botanika (Krasnodar Territory) during 2014–2018 demonstrate that the relative attractiveness of Z, E and ZE compositions changes proportionally with the fluctuations in population density: the more the density of the pest, the less the portion of males trapped with Z-pheromone and the more males trapped with E and ZE pheromones. As the population density decreases, the changes in relative attractiveness of pheromone compositions returns to the initial state. Total number of males of the overwintered or first generations trapped with Z, E and ZE pheromones significantly correlates with the larva densities of affiliated generations, i.e. first or second generations, feeding on maize plants. Reliable correlation was also revealed between the second generation larva density and number of the first generation males trapped with Z pheromone, rather than between the first generation larva density and number of overwintered generation males in traps with Z pheromone.

**Keywords:** European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, sex pheromone, trap, pest number record.

Received: 02.10.2018

Accepted: 20.11.2018

#### Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация

\*Фролов Андрей Николаевич. Зав. лабораторией, доктор биологических наук, профессор, e-mail: vizrspb@email.ru  
Грушевая Инна Валентиновна. Младший научный сотрудник

#### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

\*Frolov Andrei Nikolaevich. Head of Laboratory, DSc in Biology, Professor, e-mail: vizrspb@email.ru  
Grushevaya Inna Valentinovna. Junior Researcher,

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ФИТОСАНИТАРНОГО МОНИТОРИНГА В ОТНОШЕНИИ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ

Ю.В. Шумилов<sup>1</sup>, Н.Н. Лунева<sup>2</sup>, С.А. Ермоленко<sup>1</sup>, А.П. Савва<sup>1</sup>, Т.Ю. Закота<sup>2</sup>,  
Е.Н. Мысник<sup>2</sup>, Р.Ю. Данилов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский НИИ биологической защиты растений, Краснодар

<sup>2</sup>Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Беспилотные летательные аппараты имеют ряд преимуществ над традиционными методами проведения фитосанитарного мониторинга в отношении сорных растений. Это возможность оперативного обследования всей территории поля, с выявлением очагов сорной растительности, сокращением времени проведения учетов и увеличением количества учетных точек. С использованием аппаратов вертолетного типа можно проводить детальные учеты выявленных очагов с различных углов обзора, осуществлять учет сорняков в высокорослых культурах. Данные исследований засоренности полевых культур в нескольких хозяйствах позволяют экстраполировать результаты исследований, полученных на полях стационара, на территорию степной зоны возделывания Краснодарского края.

**Ключевые слова:** фитосанитарный мониторинг, сорные растения, наземные и дистанционные обследования.

Поступила в редакцию: 04.09.2018

Принята к печати: 20.11.2018

Одной из важнейших задач современного земледелия для повышения объемов производства продукции является поддержание благоприятного фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур, обуславливающего принятие технологических решений [Дубачинский, 2007]. Рациональная организация защиты растений от сорных растений (СР) основана, прежде всего, на объективной оценке засоренности посевов, вредоносности и прогнозе состояния агрофитоценоза в будущем.

Наиболее распространены относительные (оценка проективного покрытия в процентах, либо обилия СР, в баллах) и абсолютные (оценка количества экземпляров

сорняков на квадратный метр ( $m^2$ ), в штуках на  $m^2$ ) учеты засоренности посевов [Захаренко, 1990]. Традиционные методы фитосанитарного мониторинга достаточно трудоемки: проведение учета даже на одном поле требует много времени и сил. Альтернативой, обеспечивающей получение качественной информации в сочетании с сокращением затрат времени и сил, является привлечение для целей фитосанитарного обследования агрофитоценозов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), что наблюдается в настоящее время за рубежом в странах с развитым аграрным сектором [Дроны..., 2016].

### Материалы и методы

На полях научного севооборота ВНИИБЗР были выделены тестовые стационарные участки посевов кукурузы, подсолнечника и сои различной степени засоренности, а также моновидовые участки СР из числа доминирующих на территории стационара по методике, предложенной ВИЗР [Методические..., 2013]. Границы выделенных участков нанесены на картографическую основу посредством определения координат в системе GPS.

Наземные обследования выделенных участков на засоренность проводили в течение всего вегетационного сезона по традиционной методике [Методические..., 2013]. Засоренность оценивали по 5-ти балльной шкале, исходя из степени покрытия учетной площади наземными частями растений. Оценку засоренности посевов проводили на площадках в  $10 m^2$ , на каждой культуре осматривали 5–10 таких площадок по диагонали поля. По результатам обследования составляли описание поля, в котором указывали тип засоренности и обилие сорняков в баллах. Также на каждом участке систематическим методом [Захаренко, 1990] отбирали по 10 и более учетных площадок размером  $30 \times 30$  см и подсчитывали количество каждого вида СР.

Синхронно с наземными проводили дистанционные воздушные обследования тестовых участков с помощью БПЛА по существующей методике аэровизуальной диагностики фитосанитарного состояния сельскохозяйственных культур [Саулич и др., 1983].

Дистанционные методы аэровизуального мониторинга апробированы на производственных посевах кукурузы и отдельных видов СР.

С целью определения возможности применения БПЛА для мониторинга сорной растительности были испытаны два аппарата вертолетного типа: гексакоптер «ФитоСан-1А» (опытный образец, собранный сотрудниками ВНИИБЗР) и квадрокоптер «DJI

Phantom 3 Advanced» (промышленный образец), а также аппарат самолетного типа «Геоскан 101» (промышленный образец).

Аппараты вертолетного типа имеют одинаковый запас времени полета на одной батарее (до 25 минут) и аналогичное по характеристикам полетное и навигационное оборудование. На борту гексакоптера «ФитоСан-1А» установлена экшн-камера Sony HDR-AS30V с матрицей EXMOR R CMOS разрешением 11.9 МПикс. Максимальное разрешение фотосъемки –  $1920 \times 1080$  Пикс. Квадрокоптер «DJI Phantom 3 Advanced» оснащен камерой DJI с матрицей Sony EXMOR разрешением 12.4 МПикс. Максимальное разрешение фотосъемки –  $4000 \times 3000$  Пикс.

Аппарат самолетного типа «Геоскан 101» имеет длительный запас времени полета (около 60 минут). На борту аппарата установлена гиперспектральная камера Gamma (видимый диапазон – 16 каналов, ближний инфракрасный – 25 каналов), диапазон от 450 до 904 нм.

Наземные обследования также были осуществлены в период с 2012 по 2017 гг. на территории степной зоны возделывания Краснодарского края (Славянский, Каневской, Красноармейский районы, городской округ Краснодар) в посевах кукурузы (49 полей), подсолнечника (41 поле) и сои (43 поля) согласно методике геоботанического обследования полей [Лунева, 2009]. Материалы обследований систематизированы в базе данных «Сорные растения степной зоны возделывания Краснодарского края и борьба с ними» [Лунева и др., 2017] и подготовлены к анализу при помощи программы «Герболог-Инфо» [Свидетельство ... , 2016]. Осуществлен расчет встречаемости видов и оценка ее постоянства по методике Казанцевой [Казанцева, 1971]. Названия семейств и видов сорных растений приведены в соответствии с современной ботанической номенклатурой [Лунева, Мысник, 2017].

### Результаты и обсуждение

В результате сравнительной оценки установлено, что БПЛА вертолетного типа имеют преимущества перед беспилотниками самолетного типа при использовании для дистанционного мониторинга засоренности сельскохозяйственных культур. Это связано с тем, что вертолетные аппараты позволяют проводить детальное обследование посевов с возможностью посадки на само поле и регистрации даже малого числа всходов сорняков и их видовой принадлежности. БПЛА вертолетного типа можно использовать без оборудованных площадок для взлета и приземления, также они обладают высокой степенью маневренности и оперативности. Поэтому в дальнейшей нашей работе мы использовали две модели мультикоптеров: гексакоптер «ФитоСан-1А» и квадрокоптер «DJI Phantom 3 Advanced». Нужно иметь в виду, что у летательных аппаратов самолетного типа есть свое преимущество: за счет низкого расхода энергии они могут летать 60 минут и более, в результате чего производят съемки большей площади.

Первичным инструментом в методах дистанционного фитосанитарного мониторинга СР является камера, установленная на борту БПЛА. От характеристик камеры и устройства (подвеса), управляющего камерой, зависит качество полученных изображений. На готовом промышленном образце установлена камера с более высоким разрешением, чем на гексакоптере «ФитосСан-1А», что позволяет делать четкие фотоснимки. Камерой квадрокоптера управляет подвес с высокой стабилизацией, позволяющий опускать камеру строго вертикально. Это дает возможность производить съемку СР в посевах высокорослых культур (кукуруза и подсолнечник).

В свою очередь гексакоптер «ФитоСан-1А» имеет свои преимущества над промышленным образцом квадрокоптера. Он может производить посадки на неровной поверхности поля, за счет более совершенных и высоких посадочных опор. Шесть несущих винтов делают аппарат более устойчивым в ветреную погоду. В отличие от промышленного образца, на гексакоптере можно оперативно заменять комплектующие (камеру, подвес, батарею, винты, двигатели) на более совершенные, что позволяет улучшать его полетные характеристики и получать более четкие фотоснимки СР.

При проведении оценки возможности использования БПЛА в дистанционном мониторинге засоренности сельскохозяйственных культур нас интересовало, в какой степени беспилотники смогут заменить человека при проведении обследований, и насколько точно будут соотноситься традиционные наземные методы обследований с современными аэровизуальными. БПЛА посредством установленных на них камер позволяют получать изображения в режиме реального времени как всего обследуемого поля, так и отдельных его участков. Управляет аппаратом специалист, находящийся на краю поля. Беспилотник вертолетного типа позволяет получить изображение из любой точки поля, особенно это актуально при оценке засоренности труднодоступных мест и высокорослых культур.

Для проведения глазомерного учета на поле площадью 70–100 га одному специалисту необходимо потратить 2–3 часа. С помощью беспилотника можно получить изображения этой же площади за 15–20 минут, использовав одну

аккумуляторную батарею. Далее специалист обрабатывает полученные изображения на персональном компьютере.

В течение вегетационных сезонов с 2015 по 2018 гг. определены оптимальные режимы полетов летательных аппаратов (траектория, скорость, высота, необходимость снижения или зависания), позволяющие наиболее эффективно регистрировать параметры посевов сельскохозяйственных культур. Выявлено, что первоначально необходимо провести общую ортофотосъемку всего участка с высоты 30–50 м с невысокой скоростью полета (15–25 км/ч), для получения качественных изображений обследуемых посевов с минимальными временными и энергозатратами. По этим изображениям выявляется местоположение и оценивается площадь участков на поле с различной градацией заселенности сорной растительностью, особенно многолетней. Общую ортофотосъемку можно проводить на любой стадии развития культурных растений, в зависимости от дальнейших задач по определению засоренности посевов. По результатам предварительной оценки создается карта степени засоренности, при этом поле разбивается на группы отдельных участков на: слабую – 1 балл, среднюю – 2 балла, сильную – 3 балла и очень сильную засоренность – 4 балла. За один пролет гексакоптер может произвести фотосъемку 30–40 учетных точек на поле, что занимает 20–25 минут, в зависимости от скорости ветра. Этого достаточно для оценки засоренности на поле площадью до 100 га, при условии относительной однородности видового состава засоренности поля. Учетные точки распределяются в зависимости от занимаемой площади участков каждой степени засоренности. При этом большее количество учетных точек отводится на участки с сильной и очень сильной степенью засоренности. В случае высокой «пестроты» поля по засоренности количество учетных площадок можно увеличить вдвое, проводя учет в два подхода с заменой аккумуляторной батареи гексакоптера.

Однако ортофотосъемка не позволяет определить видовой состав и фазы развития растений, а также выявить количественные показатели засоренности СР, находящимися на стадии всходов. Для более детального учета на участках с разной степенью засоренности необходимо произвести фотосъемку, минимально снизив дрон над верхушками растений (до 1–2 м). При этом можно определить количество всходов сорняков, но очень трудно определить их видовой состав. Поэтому необходимо производить посадки на поле, произвести съемку на всей площади под беспилотником. Количество посадок для фотосъемки аналогично предыдущему методу учета. Анализ полученных фотографий с использованием определителей и атласов позволяет выявить видовой состав СР на каждом участке. Полученная таким образом информация используется для построения более детальных карт засоренности посевов с описанием типов засоренности, оценки проективного покрытия, либо обилия СР каждого вида. Также можно произвести оценку эффективности внесенного гербицида и качество проведенной обработки с использованием методики ВИЗР [Методические..., 2013].

С использованием традиционных наземных методов и БПЛА каждый год проводилось до 9 учетов по выделенным тестовым участкам на подсолнечнике, сое, кукурузе.

Большая часть учетов была проведена на ранних стадиях (фаза всходов – первые настоящие листья) развития сельскохозяйственных культур и СР поскольку основные защитные мероприятия от них проводятся именно в эти периоды. По итогам проведенных съемок накоплено более 5500 изображений, которые были обработаны и проанализированы.

Наибольшая информативность изображений получалась при проведении съемок в облачную погоду, утренние или вечерние часы, когда растения дают наименьшее количество бликов отраженного солнечного света. Однако этот недостаток можно компенсировать заменой фотокамеры на камеру с более высоким разрешением и позволяющей получать изображения высокой четкости и качества.

Результаты проведенных учетов показали наличие на всех тестовых участках с различной степенью встречаемости амброзии полыннолистной (*Ambrosia artemisiifolia* L.), проса куриного (*Echinochloa crusgalli* (L.) Gaertn.), канатника Теофраста (*Abutilon theophrasti* Medik.), вьюнка полевого (*Convolvulus arvensis* L.) и дурнишника калифорнийско-

го (*Xanthium californicum* Greene). На участках с посевами подсолнечника и сои были также отмечены: марь белая (*Chenopodium album* L.), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), на участках с посевами сои – портулак огородный (*Portulaca oleracea* L.).

Общие ортофотосъемки позволили выявить на посевах исследуемых культур компактные участки с куриным просом, дурнишником калифорнийским, щирицей запрокинутой и амброзией полыннолистной. Эти участки отличались по цветовой гамме и формам листьев растений.

Дистанционные съемки, проведенные на небольших высотах и посадках, позволили оценить обилие всходов сорных растений и их численность на м<sup>2</sup>. В наибольшей степени были засорены посева подсолнечника, главным образом просом куриным, щирицей запрокинутой, амброзией полыннолистной, канатником Теофраста и дурнишником калифорнийским, со стабильным показателем обилия 4 балла. Марь белая и вьюнок полевой, достигая на отдельных участках высокого балла обилия (4), на отдельных участках отсутствовали (табл. 1).

Таблица 1. Оценка обилия и численности видов сорных растений на тестовых участках посевов подсолнечника, сои и кукурузы (опытное поле ВНИИБЗР, 2016 год)

Вид сорного растения	Сельскохозяйственная культура					
	Подсолнечник		Соя		Кукуруза	
	обилие, балл	численность, шт./м <sup>2</sup>	обилие, балл	численность, шт./м <sup>2</sup>	обилие, балл	численность, шт./м <sup>2</sup>
Просо куриное	4	1500–2050	2–4	12–663	4	23–155
Щирица запрокинутая	4	350–1070	3–4	23–101	–	–
Амброзия полыннолиственная	4	29–250	2–3	10–39	1–2	0.1–3
Канатник Теофраста	4	29–200	2–3	1–29	1–2	0.1–3
Дурнишник калифорнийский	4	25–29	2	1–2	1–3	1–10
Марь белая	0–4	0–50	2–3	2–37	–	–
Вьюнок полевой	0–4	0–50	2	1–11	1–2	0.1–1
Портулак огородный	– *	–	2	1–8	–	–

\* – данный вид не встречался на обследуемом тестовом участке

Тестовые участки сои были засорены просом куриным, щирицей запрокинутой (до 4 баллов), амброзией полыннолистной, канатником Теофраста, марью белой (до 3 баллов), дурнишником калифорнийским, вьюнком полевым и портулаком огородным (до 2 баллов). Участки кукурузы были засорены просом куриным с обилием в 4 балла, дурнишником калифорнийским (1–3 балла), амброзией полыннолистной, канатником Теофраста и вьюнком полевым (1–2 балла).

В 2017 г. начаты работы по оценке возможности использования гиперспектрального зондирования в целях фитосанитарного мониторинга СР. На полях научного севооборота ВНИИБЗР созданы моновидовые тестовые участки: просо куриное, амброзия полыннолиственная, щирица запрокинутая, канатник Теофраста, дурнишник калифорнийский. В качестве объекта сравнения использовалась кукуруза.

Первоочередной задачей была оценка возможности определения различий спектральных характеристик культурных и СР. Съемки проведены гиперспектральной камерой Gamaa, установленной на борту БПЛА «Геоскан 101», и наземно – спектрорадиометром в период, когда растительность закрывала максимальную площадь поверхности почвы. Получены спектры отражения кукурузы

и отдельных видов СР, обработаны и построены кривые спектральной яркости объектов (рис.1).

Анализ спектральных кривых показал, что данные наземного полевого спектрометрирования хорошо соотносятся с данными аэросъемки. Спектры кукурузы, проса куриного, амброзии полыннолистной и дурнишника калифорнийского имеют значимые различия отражательной способности в диапазоне 470–900 нм. Довольно близкие значения имеют спектры кукурузы и щирицы запрокинутой в диапазоне 670–900 нм, а также щирицы запрокинутой и канатника Теофраста в диапазоне 470–670 нм. Предположительно, это связано с биохимическим составом и отражательной способностью растительных объектов. Полученные результаты свидетельствуют о принципиальной возможности использования дистанционных гиперспектральных измерений в целях фитосанитарного мониторинга СР.

Для оценки возможности использования результатов, полученных при локальных обследованиях, на остальной территории степной зоны возделывания Краснодарского края, были проведены обследования агрофитоценозов подсолнечника, кукурузы и сои в нескольких хозяйствах. Было выявлено, что из 89 видов СР, формирующих агрофитоценозы посевов кукурузы, к наиболее высокому V классу постоянства (80–100% встречаемости) относятся



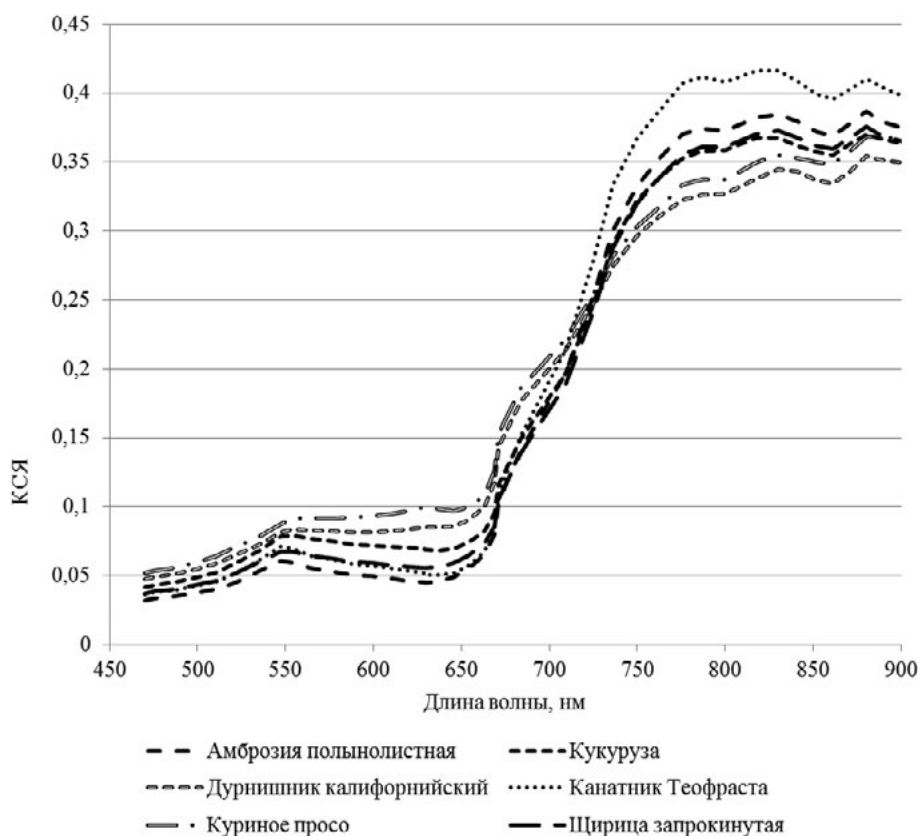


Рисунок 1. Графики коэффициента спектральной яркости (КСЯ) кукурузы и отдельных видов сорняков по данным воздушной гиперспектральной съемки (поля научного севооборота ВНИИБЗР, 2017)

ежовник обыкновенный и вьюнок полевой. К IV классу постоянства (60–80% встречаемости) относятся: амброзия полынолистная, марь белая, канатник Теофраста, щирица жминдовидная (*Amaranthus blitoides* S. Watson), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* (Willd.) Bess.), горец птичий (*Polygonum aviculare* L. s. str.).

Из 93 видов, выявленных в агрофитоценозах посевов подсолнечника, к СР с высокими классами постоянства относятся: амброзия полынолистная, вьюнок полевой, бодяк щетинистый, щирица запрокинутая; к средним классам постоянства – просо куриное, марь белая, канатник Теофраста, щирица жминдовидная, подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), гречишка вьюнковая (*Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve).

В посевах сои зарегистрировано 63 вида СР, из которых к высоким классам постоянства относятся вьюнок полевой, бодяк щетинистый, амброзия полынолистная, просо куриное, щирица запрокинутая, горец почечуйный (*Persicaria maculata* (Rafin.) A.&D.Love). Такие виды, как гречишка вьюнковая, подмаренник цепкий, канатник Теофраста. Марь белая, щетинник сизый входят в средний класс постоянства (40–60% встречаемости).

### Заключение

В результате наших исследований установлено, что БПЛА вертолетного типа позволяют проводить детальное обследование посевов с возможностью посадки на поле и регистрации даже малого числа всходов сорняков, с последующим определением по фотоснимкам их видовой принадлежности.

БПЛА вертолетного типа позволяет получить изображение из любой точки поля, что особенно актуально при

Следовательно, виды СР, доминирующие в посевах кукурузы, подсолнечника и сои на тестовых участках стационара ВНИИБЗР, входят в состав видов, формирующих засоренность этих культур на территории степной зоны возделывания Краснодарского края [Лунева, Заkota, 2016]. Факт выявления в агрофитоценозах этих культур на территориях сельскохозяйственных предприятий еще целого ряда доминирующих видов свидетельствует о настоятельной необходимости не пользоваться усредненными данными фитосанитарного мониторинга по области, а обследовать каждое поле.

Беспилотные летательные аппараты с различными фото-, спектральными камерами являются первичным инструментом в получении информации о состоянии СР на посевах сельскохозяйственных культур. Специалист может получить большой объем изображений, но необходимо их уметь грамотно быстро обработать и интерпретировать. Для определения видового состава по полученным изображениям необходимо использовать доступный, понятный, интерактивный справочный ресурс, содержащий фототеку оригинальных изображений сорняков, созданный на основе современных данных.

оценке засоренности труднодоступных мест и высокорослых культур.

Определены оптимальные режимы полетов летательных аппаратов (траектория, скорость, высота, необходимость снижения или зависания), позволяющих наиболее эффективно оценить общий уровень и тип засоренности. Полученная таким образом информация о засоренности важна для принятия обоснованного решения по экономи-

ческой целесообразности защитных мероприятий, выбору гербицида, сроков проведения обработок.

БПЛА самолетного типа позволяет оперативно получить общую оценку посевов с большей площади за меньшее время, что актуально при использовании спектральных камер.

БПЛА имеют ряд преимуществ над традиционными методами учета СР, которые заключаются в оперативном обследовании всей территории поля, выявлении очагов

СР, проведении детальных учетов выявленных очагов с различных углов обзора, учете сорняков в высокорослых культурах, сокращении времени проведения учетов и увеличения количества учетных точек.

Полученная информация может быть использована для принятия обоснованного решения по экономической целесообразности защитных мероприятий, выбору гербицида, срокам проведения обработок и прогнозирования развития сорной растительности.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и администрации Краснодарского края в рамках гранта № 16-44-230125 р\_юг\_а.

#### Библиографический список (References)

- Дубачинский С.Н. Принятие технологических решений в зависимости от фитосанитарного состояния агроценозов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2007. Т. 2. N 14-1. С. 121–124.
- Захаренко В.А. Гербициды. М.: Агропромиздат, 1990. 240 с.
- Дроны помогут фермерам в борьбе с сорняками [Электронный ресурс] Robogeek, 2016. URL: <http://www.robogeek.ru/letayuschie-roboty/drony-pomogut-fermeram-v-borbe-s-sornyakami> (дата обращения: 01.09.2018)
- Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве // РАСХН. ВИЗР. Под ред. В.И. Долженко. СПб, 2013. 280 с.
- Казанцева А.С. Основные агрофитоценозы предкамских районов ТАССР // Вопросы агрофитоценологии. Казань, 1971. С. 10–74.
- Лунева Н.Н. Технологические методы учета и мониторинга сорных растений в агроэкосистемах // Высокопроизводительные и высокоточные технологии и методы фитосанитарного мониторинга. СПб: ВИЗР, 2009. С. 39–56.
- Лунева Н.Н., Т.Ю. Закота. Видовой состав сорных растений в посевах полевых культур степной зоны Краснодарского края // Вестник защиты растений. 2016. N 1(87). С. 54–56.
- Лунева Н.Н., Лебедева Е.Г., Мыслик Е.Н., Белоусова Е.Н. Компьютерные технологии в гербологических исследованиях // Защита и карантин растений. 2017. N7. С. 18–20.
- Лунева Н.Н., Мыслик Е.Н. Современная ботаническая номенклатура видов сорных растений Российской Федерации. Под редакцией И.Я. Гричанова. Санкт-Петербург: ВИЗР, 2018. 80 с. (Приложения к журналу «Вестник защиты растений», N 26).
- Саулич М.И., Е.С. Будрик, А.С. Пугачев, Ф.А. Карлик, Е.И. Глебов. Методические указания по разработке аэровизуальной диагностики фитосанитарного состояния посевов и насаждений / Л.: ВИЗР, 1983. 73 с.
- Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2016610137. Рос. Федерация. Герболог-Инфо / Н.Н.Лунева, Е.Г. Лебедева, Е.Н. Мыслик; правообладатель ФГБНУ ВИЗР. № 2016610137; заявл. 17.11.2015; зарегистр. 11.01.2016; опубл. 20.02.2016, Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем. N 2. 1 с.

#### Translation of Russian References

- Certificate on state registration of the computer program for PC 2016610137. Russian Federation. Gerbolog-Info / N.N.Luneva, E.G. Lebedeva, E.N. Mysnik; FGBNU VIZR. N 2016610137; declared 17.11.2015; registered 11.01.2016; published 20.02.2016, Programmy dlya EVM. Bazy danykh. Topologii integral'nykh mikroskhem. N 2. 1 p. (In Russian).
- Dolzhenko V.I. (ed.) Methodical instructions on registration tests of herbicides in agriculture / Rossijskaya Akademia Selskhozajstvennykh Nauk. Saint-Petersburg: VIZR, 2013. 280 p. (In Russian).
- Doubochinski S.N. The adoption of technological solutions depending on the phytosanitary condition of agroecosis. Orenburgskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. 2007. Vol. 2. N 14-1. P. 121–124.
- Drones will help farmers in weed control [Electronic resource] Robogeek, 2016. URL: <http://www.robogeek.ru/letayuschie-roboty/drony-pomogut-fermeram-v-borbe-s-sornyakami> (date accessed: 01.09.2018)
- Kazantseva A.S. Main agrophytocenoses of the districts near Kama of TASSR // Voprosy agrofitotsenologii. Kazan', 1971. P. 10 – 74. (In Russian).
- Luneva N.N. Technological methods of account and monitoring of weed plants in agroecosystems. In: Vysokoproizvoditel'nye i vysokotochnye Plant Protection News, 2018, 4(98), p. 22–27
- tekhnologii i metody fitosanitarnogo monitoringa. Saint-Petersburg: VIZR, 2009. P. 39 – 56. (In Russian).
- Luneva N.N., Lebedeva E.G., Mysnik E.N., Belousova E.N. Computer technologies in weed researches. Zashchita i karantin rastenij. 2017. N 7. P. 18–20. (In Russian).
- Luneva N.N., Mysnik E.N. Modern botanical nomenclature of weed plant species of the Russian Federation. In: I.Y. Grichanov, ed. Vestnik zashchity rastenij, Prilozheniya. N 26. Saint-Petersburg: VIZR, 2018. P. 1-80 (In Russian).
- Luneva N.N., Zakota T.Y. Species composition of weeds in field crops of the steppe zone of Krasnodar region. Vestnik zashchity rastenij. 2016. N 1(87). P. 54–56. (In Russian).
- Saulich M.I., Budrick E.S., Pugachev A.S., Karlik F.A., Glebov E.I. Guidelines for the development of aerovisual diagnostics of crops and plantations phytosanitary condition. Leningrad. VIZR. 1983. 73 p. (In Russian).
- Zakharenko V. A. Herbicides. Moscow: Agropromizdat. 1990. 240 p. (In Russian).

### THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR PEST MONITORING IN RELATION TO WEEDS

Yu. V. Shumilov<sup>1</sup>, N.N. Luneva<sup>2</sup>, S.A. Ermolenko<sup>1</sup>, A.P. Savva<sup>1</sup>, T. Y. Zakota<sup>2</sup>, E.H. Mysnik<sup>2</sup>, R. Yu. Danilov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> All-Russian Institute of Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia

<sup>2</sup> All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

Unmanned aerial vehicles have a number of advantages over traditional methods of phytosanitary monitoring of weeds. This is an opportunity for an operational survey of the entire field area, with the identification of weed vegetation foci, reducing the time of accounting and increasing the number of accounting points. Detailed records of the identified foci from the different viewing angles, to account for weeds in tall crops can be performed using the helicopter-type devices. The data of the field crops infestation studies in several farms allow for extrapolating the results of studies obtained on a station fields to the cultivated steppe areas of the Krasnodar Territory.

**Keywords:** phytosanitary monitoring, weed, ground and remote survey.

**Сведения об авторах**

Всероссийский НИИ биологической защиты растений, Краснодар-39, 350039, Краснодар, Краснодарский край, РФ  
 Шумилов Юрий Валерьевич. Зав. лабораторией, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: oper263@mail.ru  
 Ермоленко Светлана Айдыновна. Зав. отделом, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: esa59@mail.ru  
 Савва Анатолий Павлович. Зав. лабораторией, кандидат биологических наук  
 Данилов Роман Юрьевич. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук  
 Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация  
 \*Лунева Наталья Николаевна. Ведущий научный сотрудник, зав. сектором, кандидат биол. наук, e-mail: natalja.luneva2010@yandex.ru  
 Мысник Евгения Николаевна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: vajra-sattva@yandex.ru  
 Закота Татьяна Юрьевна. Младший научный сотрудник, e-mail: bagira036@mail.ru

\* Ответственный за переписку

**Information about the authors**

All-Russian Institute of Biological Plant Protection, Krasnodar-39, 350039, Krasnodar, Krasnodar Territory, Russian Federation  
 Shumilov Yuri Valerievich. Head of Laboratory, PhD in Agriculture, e-mail: oper263@mail.ru  
 Ermolenko Svetlana Aidynovna. Head of Department, PhD in Agriculture, e-mail: esa59@mail.ru  
 Savva Anatoly Pavlovich. Head of Laboratory, PhD in Biology  
 Danilov Roman Yurievich. Senior Researcher, PhD in Biology  
 All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation  
 \*Luneva Nataliya Nikolaevna. Leading Researcher, Head of Sector, PhD in Biology, e-mail: natalja.luneva2010@yandex.ru  
 Mysnik Evgenia Nikolaevna. Senior Researcher, PhD in Biology, e-mail: vajra-sattva@yandex.ru  
 Zakota Tatyana Yurevna. Junior Researcher, e-mail: bagira036@mail.ru

\* Corresponding author

УДК 595.78 + 632.938.1

DOI: 10.31993/2308-6459-2018-4(98)-27-30

## РОЛЬ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ОГРАНИЧЕНИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ

С.Р. Фасулати, О.В. Иванова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Колорадский жук *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) после 1998 г. успешно акклиматизировался в Ленинградской области и на сопредельных с ней территориях, сходных по условиям температуры. Расселение и численность вредителя в регионе сдерживаются только частым избыточным увлажнением почвы, которое приводит в отдельные годы почти к полной гибели развивающихся куколок и диапаузирующих имаго от физиологического удушения.

**Ключевые слова:** колорадский жук, Северо-Запад России, климат, температура, влажность почвы.

Поступила в редакцию: 16.07.2018

Принята к печати: 20.11.2018

Колорадский жук *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) после массовой инвазии в июне 1998 г. появился во всех районах Ленинградской и Вологодской областей, в южных районах Карелии и Архангельской области. Большинство этих территорий расположены северо-восточнее ранее прогнозировавшихся границ его потенциального ареала и считались непригодными для постоянного обитания вредителя ввиду недостаточной теплообеспеченности местности в летний период для ежегодного завершения цикла развития одной полной генерации насекомого [Злотников, 1967; Ушатинская, 1981; и др.]. Тем не менее, с 1999 г. вредитель постоянно присутствовал в новых зонах инвазии [Фасулати, 2010; Павлюшин и др., 2013; и др.], однако на большей части Ленинградской области имел очаговое распространение с заселением до 35–50% посадок картофеля [Наумова, Фасулати, 2014]. Это требовало анализа специфики адаптогенеза адвентивного вида и уточнения условий, лимитирующих его развитие в регионе.

Для изучения данного вопроса нами с 1998 г. проводились фенологические наблюдения на опытных и коллекционных полях ВИЗР и ВИР (г. Пушкин), а также на полях

Ленинградского НИИСХ и участка госсортоиспытания в с. Рождествено (Гатчинский район Ленинградской области), где имелись наиболее стабильные очаги вредителя. Регистрировали начальные даты появления фитофага в той или иной фазе, по которым изображены феноклимограммы сезонного развития фитофага (табл. 1). С учетом среднедекадных температур воздуха (по данным метеостанции ВИР) для каждого года рассчитаны примерные суммы эффективных температур (СЭТ) преимагинального развития фитофага выше условного порога развития +11.5°C, принятого в литературе [Ушатинская, 1981; и др.].

Показано, что цикл развития одного поколения колорадского жука, включая преддиапаузную наживку значительной части имаго летнего поколения, полностью завершался во все годы наблюдений, включая те, когда температуры воздуха за период развития фитофага от появления первых кладок яиц до окрыления первых имаго были близки к климатическим нормам для центра Ленинградской области и окрестностей Санкт-Петербурга (1998, 2000, 2007–2009, 2015 гг.). Вычисленная средняя СЭТ развития жука от яйца до имаго в названные годы при средних температурах воздуха за данный период 16.3...17.9°C

составила 315.3 градусо-дней, а в более теплые сезоны 1999, 2001–2006, 2010, 2011 гг. при средних температурах 19.0...20.6 °С – 372.3 градусо-дней. Это несколько ниже приводимых в литературе [Ушатинская, 1981; и др.] значений СЭТ, необходимых для завершения преимагинального развития жука на фоне той или иной температуры. Тем самым подтверждается предположение о формировании в местных условиях северного экотипа колорадского жука, обладающего пониженными температурными нормами развития и другими адаптивными особенностями, включая узкую степень олигофагии с оптимальным развитием только на картофеле [Фасулати, 2010; Наумова, Фасулати, 2014; Иванова, Фасулати, 2016; и др.]. При этом местные популяции вида сохраняют потенциальную поливольтин-

ность с почти ежегодным развитием неполной II генерации (табл. 1).

Таким образом, условия температуры на Северо-Западе России не являются лимитирующим фактором для местного экотипа колорадского жука. В отдельные годы специфика хода температур в мае–июне может вызывать общую задержку начала цикла сезонного развития фитофага либо десинхронизацию появления всходов картофеля и выхода перезимовавших жуков из почвы с дальнейшим размножением лишь меньшей части популяции вредителя (как в 2016 г.), однако подобные весенние явления обычны для всех зон обитания колорадского жука и не вызывают значительной элиминации его особей вследствие многообразия форм диапаузы.

Таблица 1. Феноклимограммы сроков развития колорадского жука в окрестностях Санкт-Петербурга (г. Пушкин, опытные поля ВИЗР и ВИР), 1998–2016 гг.

Месяцы Декады	Май		Июнь						Июль						Август						Сентябрь	
	III		I		II		III		I		II		III		I		II		I			
	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2
Климатическая норма t °С	12.3		14.3		15.7		16.6		17.3		17.8		17.9		17.2		16.0		14.4		12.7	
1998: t °С	10.2		16.2		20.6		13.3		17.7		17.8		17.8		16.1		12.9		13.5		10.1	
фенология			♣		+•		—								‡		■		=			
1999: t °С	14.3		17.7		21.0		22.9		19.9		22.5		18.1		17.8		14.8		14.0		15.1	
фенология	♣+		•		—								‡		■		=					
2000: t °С	15.1		12.7		14.7		19.4		17.3		18.8		17.6		15.7		16.5		14.9		11.7	
фенология			♣		+		•		—								‡		■		=	
2001: t °С	7.8		14.3		14.0		17.8		21.2		22.3		23.7		16.5		17.8		16.2			
фенология					♣		+		•		—				‡		■		=			
2002: t °С	11.9		16.2		18.1		15.8		19.2		22.0		20.1		17.4		19.8		17.7			
фенология	♣		+		•		—						‡		■		=				‡	
2003: t °С	16.4		12.2		12.8		13.7		18.4		20.9		25.4		18.7		16.2		15.2			
фенология					♣		+		•		—				‡		■		=			
2004: t °С	10.2		13.1		14.0		17.3		16.7		17.9		21.9		21.1		15.8		17.5			
фенология			♣		+		•		—						‡				■		=	
2005: t °С	17.6		13.8		16.5		16.7		18.9		22.9		20.8		19.1		17.2		17.8			
фенология			♣		+		•		—						‡				■		=	
2006: t °С			12.5		20.3		20.2		22.5		19.2		16.6		18.0		19.9		17.5			
фенология			♣+		•		—						‡		■		=					
2007: t °С	17.6		16.6		15.7		15.5		18.5		18.4		17.6		19.8		21.1		15.9		10.8	
фенология			♣+		•		—						‡		■		=					
2008: t °С	11.7		13.3		15.3		16.3		17.1		18.4		16.8		14.1		18.5		13.8			
фенология			♣		+		•		—						‡				■			
2009: t °С	16.9		12.1		15.4		17.8		15.7		19.7		21.0		17.3		15.6		17.8			
фенология					♣		+		•		—						‡		■			
2010: t °С	13.7		13.1		14.8		17.1		21.6		23.8		24.2		22.4		17.7		13.2			
фенология					♣		+•		—				‡		■		=					
2011: t °С	15.7		19.6		17.7		18.8		24.1		22.6		26.5		18.4		17.4		19.1			
фенология	♣+		•		—						‡		■		=							
2015: t °С	16.5		17.3		17.6		19.4		18.0		15.6		18.3		18.5		16.3		18.0		14.2	
фенология			♣		+•		—						‡		■		=					
2016: t °С	16.0		13.4		16.0		18.9		17.3		18.2		20.7		18.5		15.9		16.1			
фенология	+?		♣		+		•		—						‡							

Примечания: Средние начальные даты ( $\pm 3$  дня) появления на полях: ♣ всходов картофеля; + перезимовавших имаго; • кладок яиц на I генерации; — личинок I ген.; ‡ имаго I генерации; ■ кладок яиц на II генерацию; = личинок II генерации; ‡ имаго II генерации (отмечены на поле ВИЗР в сентябре 2002 г.). Заштрихованы периоды: более светлый – период вегетации картофеля (наличие зеленой ботвы); более темный – период развития I генерации жука от появления кладок яиц до выхода имаго

В то же время за 20-летний период постоянных наблюдений дважды имело место резкое сокращение количества очагов вредителя до 1–5% заселенных им посадок кар-

тофеля, где обычно встречались лишь единичные особи вредителя. В обоих случаях оно наблюдалось в годы со значительным превышением климатических норм сум-

мы атмосферных осадков в летние и осенние месяцы – в 2008–2009 и 2016–2017 гг. (например, в 2016 г. – 435 мм за июнь–август), и сохранялось в следующие за ними годы (табл. 2). Это приводило с июля–августа к избыточной влажности верхних горизонтов почвы, превышающей ее полную влагоемкость, и к длительному застою воды в осенний период на обширных участках низинных полей, особенно с тяжелыми суглинистыми почвами. Условия переувлажнения вызывают не только высокую смертность и элиминацию диапаузирующих имаго при перезимовке [Ушатинская, 1981; и др.], но и, по нашим наблюдениям, тройной эффект сдерживания численности фитофага. Когда такие условия складываются и стабильно удерживаются еще с периода вегетации картофеля, что было особенно ярко выражено в 2016 г., названный эффект последова-

тельно проявляется: 1) в массовой гибели развивающихся в почве предкуколок и куколок и, соответственно, – в низкой численности окрылившихся имаго летнего поколения; 2) в массовой гибели окрылившихся молодых жуков еще до впадения в зимнюю диапаузу ввиду отсутствия корма для их полноценного наживочного питания вследствие преждевременного отмирания растений картофеля от физиологического удушения на переувлажненной почве, либо от эпифитотии фитофтороза; 3) в гибели в избыточно влажной почве от физиологического удушения всех зимующих особей, включая имаго двух предыдущих лет окрыления, находящихся в состоянии супердиапаузы. Объективно в такой ситуации жук мог выживать только в холмистой местности на возвышенных участках с легкими типами почв.

Таблица 2. Распространение колорадского жука в Ленинградской области в 1998–2017 гг.

Годы	Районы, заселенные вредителем	Число генераций	Доля заселенных жуком посадок картофеля в разных районах области, %	Наличие очагов с численностью жука выше уровня ЭПВ
1998–2000	Все районы	2 неполные	От 1 до 50% *	Имелись
2001–2004	Все районы	До 2 полных **	35–50% *	Имелись
2005–2008	Все районы	2 неполные	40–65% *	Имелись
2009–2010	Гатчинский, Лужский Тосненский, Волоховский и др.	2 неполные	1–3% *	Отсутствовали
2011		2 неполные	5–10% *	Отсутствовали
2012–2015		2 неполные	30–40%	Имелись
2016	Гатчинский (других данных нет)	1 полная	30–40%	Отмечен на одном поле
2017	Гатчинский (других данных нет)	1 незавершенная	Менее 1%	Отсутствовали

Примечания: \* По: Наумова, Фасулати, 2014; \*\* Окрыление единичных имаго II генерации в 2002 г. на поле ВИЗР (табл. 1).

Таким образом, зоны избыточного увлажнения с нормой гидротермического коэффициента (ГТК) выше 1,5, какой является Северо-Западный регион РФ, следует считать неблагоприятными для обитания колорадского жука независимо от условий температуры, поскольку длительное избыточное увлажнение почвы в годы с суммой осадков и ГТК выше климатических норм способно резко снизить количество очагов вредителя и его численность в сохранившихся очагах до незначительной. Его вредоносность с возрастанием численности выше уровня экономического порога вредоносности (ЭПВ) в таких агроклиматических зонах может проявляться лишь в отдельные годы и не повсеместно. Анализ нынешней ситуации дает основания для благоприятного фитосанитарного прогноза

по колорадскому жуку до 2020 г. для большей части Северо-Западного региона России, с отсутствием потребности в проведении против него истребительных мероприятий даже при возделывании наиболее предпочитаемых насекомым сортов картофеля – Невский, Аврора, Скарб, Чародей, Удача, Сатурна и др.

В то же время полученные данные требуют критической оценки существующей характеристики колорадского жука как эврибионтного вида [Ушатинская, 1981]. Считаем, что он должен характеризоваться как мезофильный или мезофильно-ксерофильный вид, что закономерно с учетом условий его эволюционного формирования на историко-географической родине.

#### Библиографический список (References)

Злотников М.Д. Возможный ареал распространения и сроки развития колорадского жука в Европейской части СССР // Тр. ВИЗР. 1967. Вып. 27. С. 68–74.  
 Иванова О.В., Фасулати С.Р. Принципы и методы отбора устойчивых к колорадскому жуку форм картофеля и овощных пасленовых культур // Защита и карантин растений. 2016. N 10. С. 12–16.  
 Колорадский картофельный жук / Отв. ред. Р.С. Ушатинская. М.: Наука, 1981. 377 с.  
 Наумова Н.И., Фасулати С.Р. Факторы, определяющие расселение колорадского жука на посадках картофеля в Северо-Западном регионе России // Вестник защиты растений. 2014. N 4. С. 32–35.

Павлюшин В.А., Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Нефедова Л.И., Фасулати С.Р. Антропогенная дестабилизация агроэкосистем. СПб.: Родные просторы, 2013. 184 с.  
 Фасулати С.Р. Формирование внутривидовой структуры у насекомых в условиях агроэкосистем на примерах колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) и вредной черепашки *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera, Scutelleridae) // Научный вестник Ужгородского ун-ту. Сер. Биология. 2010. Вып. 29. С. 13–27.

#### Translation of Russian References

Fasulati S.R. A forming of the infra-specific structure in insects in agroecosystems conditions on the examples of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) and of the sunn pest, *Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera, Scutelleridae). Naukoviy visnik Uzhgorodskogo un-tu. Ser. Biologia. 2010. N 29. P. 13–27. (In Russian)  
 Ivanova O.V., Fasulati S.R. The principles and methods of screening of the potato and of the vegetable solanaceous crops varieties resistant to the

Colorado potato beetle. Zashchita i karantin rasteniy. 2016. N 10. S. 12–16 (In Russian).  
 Naumova N.I., Fasulati S.R. The factors which determinate the expansion of the Colorado potato beetle on potato plantations in Northwestern Russia. Vestnik zashchity rasteniy. 2014. N 4. P. 32–35 (In Russian).  
 Pavlyushin V.A., Vilkova N.A., Suchoruchenko G.I., Nefedova L.I., Fasulati S.R. The anthropogenic destabilization of agroecosystems. St. Petersburg. Rodnye prostory. 2013. 184 p. (In Russian).

Zlotnikov M.D. The potential area and the periods of development of Colorado potato beetle in the European part of the USSR. Proceedings of All-Russian Institute of Plant Protection. 1967. N 27. P. 68–74 (In Russian).

Ushatinskaya R.S. The Colorado potato beetle. Moscow. Nauka. 1981. 377 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 4(98), p. 27–30

## ROLE OF ENVIRONMENTAL ABIOTIC FACTORS IN LIMITING THE COLORADO POTATO BEETLE DISTRIBUTION IN NORTHWESTERN RUSSIA

S.R. Fasulati, O.V. Ivanova

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

The Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) was successfully acclimatized after 1998 in Leningrad Region and on neighborhood territories with similar thermal conditions. The expansion and development of the pest in this region are limited only by excessive moistening of the soil, causing nearly total elimination of developing pupae and diapausing adults due to physiological suffocation.

**Keywords:** Colorado potato beetle, Northwestern Russia, climate, temperature, soil humidity.

Received: 16.07.2018

Accepted: 20.11.2018

### Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация  
Фасулати Сергей Радиевич. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: fasulatiser.spb@mail.ru  
Иванова Ольга Вениаминовна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: info@vizr.spb.ru

### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation  
Fasulati Sergey. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: fasulatiser.spb@mail.ru  
Ivanova Olga. Senior Researcher, PhD in Biology, e-mail: info@vizr.spb.ru

\* Ответственный за переписку

\* Corresponding author

УДК:632.95.028

DOI: 10.31993/2308-6459-2018-4(98)-30-34

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩЕГО ТРЕПЕЛА В БОРЬБЕ С ВРЕДИТЕЛЯМИ КАРТОФЕЛЯ

Г.И. Сухорученко, Т.И. Васильева, Г.П. Иванова, С.А. Волгарев

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Проведена оценка биологической эффективности трепела Хотынецкого месторождения (Орловская область) на картофеле в борьбе колорадским жуком *Leptinotarsa decemlineata* Say в Белгородской области и обыкновенной картофельной тлей *Aulacorthum solani* Kalt. в теплице ВИЗР. Установлено, что 4% суспензия трепела снижает численность личинок колорадского жука на 72.2–49.1% в течение 14 суток при двукратном применении. Более низкие результаты были получены при применении препарата в 2% концентрации (70.2–37.8% снижение численности). Несмотря на умеренную эффективность, трепел сдерживал развитие вредителя ниже ЭПВ. Биологическая эффективность трепела в борьбе с обыкновенной картофельной тлей после двукратной обработки картофеля 4% суспензией составляла 98.0–95.0% в течение 14 суток. Трепел, как вещество природного происхождения, представляет интерес для дальнейшего изучения в системах чередования инсектицидов в борьбе с резистентными популяциями колорадского жука и в борьбе с обыкновенной картофельной тлей в первичном семеноводстве картофеля.

**Ключевые слова:** картофель, цеолитсодержащий трепел, обыкновенная картофельная тля, колорадский жук, кратность обработок, биологическая эффективность.

Поступила в редакцию: 27.08.2018

Принята к печати: 20.11.2018

В последние годы в качестве природных инсектицидов внимание исследователей привлекают кремнистые осадочные горные породы, сложенные ископаемыми останками простейших морских или пресноводных организмов (микроскопические водоросли диатомеи, фораминиферы, радиолярии, губки и др.). Эти организмы содержат в твердых частях своего тела аморфный кремнезем (SiO<sub>2</sub>), благодаря которому их отложения обладают инсектицидными свойствами. Среди этих отложений в качестве средства борьбы с разными видами бытовых насекомых, вредителей запасов и полевых культур наиболее широко используется диатомит [Shah, Khan, 2014; Prasantha et al., 2015; Korunic et al., 2016; B. Singh, V. Singh, 2016 и др.].

Диатомит представляет собой осадочную породу, образованную останками диатомовых водорослей и состоящую на 80–90% из аморфного кремния, адсорбирующего липиды из воскового слоя эпикутикулы членистоногих. Это нарушает целостность их покровов, приводит к интенсивному испарению воды и гибели обработанных особей от иссушения [Katz, 1991; Mewis, Ulrichs, 1999]. Уникальный физиологический механизм действия позволяет использовать препараты диатомита против резистентных к инсектицидам органического синтеза популяций вредных членистоногих [Lilly et al., 2016].

Близкой по свойствам к диатомиту кремнистой осадочной горной породой является цеолитсодержащий тре-

пел, состоящий из комплекса минералов, включающего опал-кристобалит (аморфный и кристаллический кремнезем), и рассеянного органического вещества (донные отложения фитопланктона и мелких морских животных) [Григорьева, 2002]. Цеолитсодержащий трепел встречается в разных регионах России, в том числе в верхнемеловых отложениях Русской платформы в пределах Орловской, Брянской, Воронежской и Курской областей. Самым крупным на Русской платформе считается Хотынецкое месторождение трепела Орловской области с содержанием аморфного кремния 48.4%.

Благодаря достаточно высокому содержанию аморфного кремния цеолитсодержащий трепел Хотынецкого месторождения представляет интерес для изучения в качестве средства борьбы с вредными членистоногими, особенно с видами, в популяциях которых развивается резистентность к применяемым пестицидам. Проведенная нами оценка токсичности трепела для ряда вредителей в лабораторных опытах при разных способах обработки (опыливание, погружение в 1–2% суспензию или супернатант, посадка на обработанный корм) выявила наличие контактных токсических свойств у цеолитсодержащего трепела для членистоногих. Однако степень их проявления зависит от вида вредителя, возраста и фазы развития,

способа обработки [Сухорученко и др., 2018]. Так была установлена высокая начальная токсичность трепела для личинок, отрождающихся из обработанных яиц обыкновенного паутинового клеща (*Tetranychus urticae* Koch.), но умеренная – для его имаго. Определена высокая активность трепела для личинок младших возрастов колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) и отсутствие таковой для личинок старших возрастов или имаго. Смертность обыкновенной картофельной тли (*Aulacorthum solani* Kalt.) от действия трепела колебалась в пределах 70.4–83.0% в зависимости от способа обработки. Была также выявлена близкая токсичность трепела для тлей резистентной (ПР к актеллику – 100х, к талстару – 20х) и чувствительной к инсектицидам популяций тли. Наблюдалось усиление токсичности трепела по мере увеличения концентрации при отсутствии фитотоксического эффекта.

На основании полученных данных представлялось важным дальнейшее изучение токсических свойств трепела в полевых условиях. В связи с этим в 2018 г. мы проводили оценку биологической эффективности трепела на картофеле в отношении колорадского жука и обыкновенной картофельной тли, для которых в лабораторных исследованиях были получены показатели его токсичности при разных способах обработки.

#### Материалы и методы

Колорадский жук и картофельная тля, используемые в качестве объектов исследования, являются опасными вредителями картофеля. Первый вид повсеместно повреждает эту культуру, вызывая значительные потери урожая. Обыкновенная картофельная тля – вредитель различных овощных и цветочных культур, но особую опасность представляет в качестве переносчика вирусной инфекции на посадках семенного картофеля как в поле, так и в теплицах, выращивающих его микрорастения.

В исследованиях был использован цеолитсодержащий трепел Хотынецкого происхождения производства ОАО «Промцеолит», представляющий собой порошок желтовато-бежеватого цвета, тонкого помола (размер частиц до 100 мкм) и хорошей сыпучести. Несмотря на тот факт, что наилучшие показатели токсичности трепела в лабораторных исследованиях были получены нами при опыливании подопытных объектов, обработку растений проводили его суспензией, так как способ опыливания в настоящее время не используется в практике. Суспензии трепела разной концентрации получали путем добавления в воду эмульгатора ОП-10 в пропорции 10% от его навески. Поскольку в лабораторных исследованиях был сделан вывод о том, что концентрации трепела и кратность его применения можно увеличить в 2 раза, в полевых опытах использовали 2% и 4% суспензии.

Оценка биологической эффективности трепела в борьбе с обоими вредителями проводилась в деляночных опытах с использованием стандартных методик, принятых при проведении регистрационных испытаний инсектицидов на картофеле против вредителей (Долженко, Сухорученко, 2009; Васильева и др., 2009). Согласно этим методикам в опытах были предусмотрены варианты: обработка делянок трепелом, эталонным препаратом карате Зеон и необработываемый контроль в 4 повторностях. Де-

лянки опрыскивали 2% и 4% суспензиями трепела и эталоном дважды с недельным интервалом с помощью ранцевого опрыскивателя Solo. Учеты численности вредителей проводили до обработки и далее на 3 и 7 сутки после каждой обработки. Показателями биологической эффективности оцениваемых средств борьбы служили величины снижения численности насекомых в процентах к исходной с поправкой на контроль.

Опыты с колорадским жуком закладывали в Белгородской области в фазу начало бутонизации картофеля на резистентной к актеллику и к суми-альфа популяции вредителя (89.1% и 80.0% резистентных особей в популяции соответственно). Структура популяции в день обработки (20 мая) была представлена на 85% личинками младших возрастов и 15% – имаго. Средняя численность личинок на делянках опыта колебалась в пределах 5.3–7.0 особей/куст при 10–15% заселенности кустов.

Изучение биологической эффективности трепела в борьбе с обыкновенной картофельной тлей проводили в теплице ВИЗР на картофеле, выращиваемом на стеллажах в керамических горшках (повторность – 3 горшка объемом 2 л на площади делянки 0.25 м<sup>2</sup>). Растения искусственно заселяли вредителем в фазу 3 настоящих листьев. В опыте использовали тлю, собранную на посадках картофеля в семеноводческом хозяйстве ЗАО «Октябрьское» (Волосовский район, Ленинградская область) и разводимую в лаборатории на растениях картофеля в садках с регулируемым длиной светового дня, температурой и влажностью воздуха. Обработку растений проводили при средней численности вредителя 3.0–3.8 особей/лист.

Статистическая обработка данных проводилась методом регрессионного анализа с использованием пакета компьютерных программ STATISTICA 13.

#### Результаты

Наблюдения за развитием колорадского жука на фоне применения трепела выявили, что в используемых концентрациях по показателям биологической эффективности он уступает эталону карате Зеон. Так, численность отрождающихся из яиц личинок на 3 сутки после обработки 2% суспензией снижалась на 70.1% и на 72.2% – при обработ-

ке 4% суспензией, что было значительно ниже эффективности эталона (табл. 1).

На 7 сутки после обработки эффективность трепела резко снижалась – до 12.1% в варианте с 2% суспензией и до 32.2% – в варианте с 4% суспензией при высоких ее показателях в варианте с эталоном (табл. 1). Таким образом, подтвердилась наблюдаемая в лабораторных опытах

Таблица 1. Биологическая эффективность трепела в борьбе с колорадским жуком на картофеле (Белгородская область, Белгородский район, сорт Жуковский, первая обработка 20.05, вторая – 27.05.2018 г.)

Препарат, концентрация	Повтор- ность	Среднее число личинок на куст по суткам учетов					Снижение численности в % к исходной с поправкой на К по суткам учетов			
		до обра- ботки	после первой обработки		после второй обработки		после первой обработки		после второй обработки	
			3	7	3	8	3	7	3	8
Трепел, суспензия 2.0%	1	15.0	20.0	28.0	18.0	25.0	31.8	42.3	73.9	70.8
	2	6.0	6.0	18.0	15.9	20.0	48.8	7.2	49.2	41.5
	3	2.0	0	8.0	10.0	23.0	100	0	0	0
	4	2.0	0	5.0	5.0	7.0	100	18.1	45.7	38.7
	Ср.	6.3	6.5	14.8	12.8	18.8	70.2	12.1	42.2	37.8
Трепел, суспензия 4.0%	1	9.0	5.0	17.0	0	16.1	66.6	41.6	100	68.6
	2	11.0	7.0	21.0	12.0	20.0	61.7	41.0	76.3	68.1
	3	3.0	2.0	6.0	6.0	9.0	59.9	38.2	56.6	47.4
	4	2.0	0	6.0	9.0	10.0	100	8.0	2.2	12.4
	Ср.	5.8	3.5	12.5	6.8	13.8	72.1	32.2	58.8	49.1
Каратэ Зеон, МКС (50 г/л), 0.1 % (эталон)	1	10.0	0	0	0	2.4	100	100	100	95.8
	2	8.0	0	0	0	0	100	100	100	100
	3	5.0	0	0	0	0	100	100	100	100
	4	5.0	0	0	0	6.0	100	100	100	79.0
	Ср.	7.0	0	0	0	2.1	100	100	100	93.7
Контроль (К)	1	15.0	10.0	21.0	32.0	44.0	–	–	–	–
	2	3.0	10.0	19.0	25.0	41.0	–	–	–	–
	3	3.0	13.0	32.0	40.0	25.0	–	–	–	–
	4	6.0	12.0	16.0	28.0	45.0	–	–	–	–
	Ср.	6.8	11.3	22.0	31.3	38.8	–	–	–	–
НСР										
							37.9	22.5	48.3	37.0

кратковременность (до 3 суток) токсического действия трепела в отношении личинок колорадского жука, в связи с чем возникла необходимость в повторной обработке.

При повторной обработке растений трепелом через 7 суток после первой численность вредителя снижалась на 42.2–37.8% в варианте с 2% концентрацией и на 58.8–49.1% при использовании 4% суспензии (табл. 1). Полученные более низкие результаты от повторной обработки растений трепелом в сравнение с первой обработкой, по-видимому, могут быть объяснены увеличением в структуре популяции жука личинок среднего и старшего возрастов, для которых этот препарат мало или вообще не токсичен.

Анализ полученных данных по снижению численности личинок колорадского жука в отдельных вариантах применения трепела свидетельствуют о значительном их варьировании, как по вариантам, так и по повторностям опыта, особенно сильным при обработке 2% суспензией (от 31.8 до 100% – после первой обработки и от 0 до 42.3% – после второй). Статистическая обработка данных не выявила существенных различий в эффективности тре-

пела между его концентрациями. Наряду с изменениями в возрастной структуре популяции жука этот факт можно объяснить нестабильностью применяемых суспензий и, соответственно, качеством покрытия ими поверхности листьев растений.

Иная картина наблюдалась при применении трепела в борьбе с обыкновенной картофельной тлей. Наблюдения за ее развитием выявили высокий токсический эффект от обработки трепелом картофеля 4% суспензией, особенно после второй обработки, когда показатели его биологической эффективности (95.7–94.5% снижение численности) приближались к эталону карате Зеон (табл. 2). При обработках заселенных тлей растений 2% суспензией трепела биологическая эффективность двукратного его применения находилась на уровне 86.3–86.8% в течение 14 суток. Различия в показателях биологической эффективности между концентрациями трепела статистически достоверны.

Необходимо отметить, что при проведении исследований как в полевых условиях, так и в теплице, фитотоксического эффекта при применении трепела не отмечалось.

### Заключение

Анализ полученных результатов оценки биологической эффективности трепела в борьбе с двумя экономически значимыми вредителями картофеля – обыкновенной картофельной тлей и колорадским жуком показал, что он сохраняет свои токсические свойства для этих насекомых и в производственных условиях. Несмотря на то, что трепел выявил умеренную токсичность для колорадского жука, обработки картофеля его суспензиями сдерживали развитие вредителя, резистентного к фосфорорганическо-

му препарату актеллику и к пиретроиду суми-альфа, ниже ЭПВ в течение 14 суток (снижение численности в 2.1–2.8 раза по сравнению с необработываемым вариантом). Эти данные, а также механизм действия трепела на членистоногих, обусловленный входящим в его состав аморфным кремнием, свидетельствуют о перспективности изучения данного вещества в системах чередования инсектицидов разных химических классов в борьбе с резистентными к инсектицидам популяциями колорадского жука. Установ-



Таблица 2. Биологическая эффективность трепела в борьбе с обыкновенной картофельной тлей на картофеле (Санкт-Петербург-Пушкин, теплица ВИЗР, сорт Ред Скарлет, первая обработка 29.05, вторая – через 7 дней после первой 5.06 2018 г.)

Препарат, концентрация	Повтор- ность	Среднее число личинок и имаго на лист по суткам учетов					Снижение численности в % к исходной с поправкой на К по суткам учетов			
		до обра- ботки	после первой обработки		после второй обработки		после первой обработки		после второй обработки	
			3	7	3	8	3	7	3	8
Трепел, суспензия 2.0%	1	3.0	2.2	2.3	2.8	4.8	75.6	87.4	89.5	91.3
	2	4.0	3.6	2.7	3.3	6.9	70.0	88.9	90.7	90.5
	3	2.6	2.4	4.0	4.0	10.8	77.8	87.3	82.7	77.5
	4	3.6	4.2	4.0	4.8	8.6	61.1	81.7	85.0	87.8
	Ср.	3.3	3.1	2.7	3.7	7.8	71.1	86.3	87.0	86.8
Трепел, суспензия 4.0%	1	4.8	2.6	1.7	0.9	3.0	81.9	94.2	97.9	96.6
	2	2.6	1.6	1.0	0.4	2.7	79.5	94.7	98.3	94.4
	3	2.0	1.8	1.0	0.2	2.6	70.3	91.7	98.9	92.9
	4	3.0	2.6	1.1	0.4	2.1	71.1	94.0	98.5	96.2
	Ср.	3.8	2.2	1.2	0.5	2.6	75.7	93.7	98.4	95.0
Каратэ Зеон, МКС (50 г/л), 0.1 % (эталон)	1	4.0	0	0.2	0	0.8	100	99.2	100	98.9
	2	1.6	0	0	0	1.4	100	100	100	95.3
	3	2.0	0	0	0	0.7	100	100	100	98.1
	4	4.7	0	0.1	0	0.4	100	99.6	100	99.5
	Ср.	3.1	0	0.07	0	0.8	100	99.7	100	98.0
Контроль (К)	1	2.6	9.8	24.1	38.2	53.6	–	–	–	–
	2	3.6	12.4	15.0	20.4	54.4	–	–	–	–
	3	2.0	6.9	13.6	14.4	40.3	–	–	–	–
	4	4.0	7.9	22.6	37.2	83.2	–	–	–	–
	Ср.	3.1	9.3	18.8	27.5	57.1	–	–	–	–
НСР							8.34	3.3	3.5	5.6

ленная высокая эффективность трепела в борьбе с обыкновенной картофельной – тлей-переносчиком вирусной инфекции позволяет заключить о возможности его использования в первичном семеноводстве картофеля.

Вместе с тем для использования трепела в решении обозначенных проблем возникает необходимость в раз-

работке совместно с химиками его препаративной формы в виде суспензии или пасты, обеспечивающей равномерное покрытие листовой поверхности растений и, соответственно, получение более стабильной биологической эффективности обработок.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-16-04079).

#### Библиографический список (References)

- Григорьева А.В. Минералогия цеолитсодержащих пород Русской платформы на примере Хотынецкого месторождения Орловской области / А.В. Григорьева // Автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М., 2002. 24 с.
- Васильева Т.И., Глез В.М., Долженко О.В. Вредители картофеля. Тли – переносчики вирусных заболеваний картофеля. / Т.И. Васильева, В.М. Глез, О.В. Долженко / Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. Санкт-Петербург, 2009. С.126–128.
- Долженко В.И. Вредители картофеля. Колорадский жук. / В.И. Долженко, Г.И. Сухорученко / Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. Санкт-Петербург, 2009. С. 129–131.
- Сухорученко Г.И. Биологическая активность цеолитсодержащего трепела в отношении ряда вредителей сельскохозяйственных культур. / Г.И. Сухорученко, Т.И. Васильева, Г.П. Иванова, С.А. Волгарев // Вестник защиты растений. 2018. N 3 (97). С. 29–35.
- Korunic Z. A review of natural insecticides based on diatomaceous earths. / Z., Korunic, V. Rozman, A. Liska, P. Lucic // Agriculture. 2016. N 22. P. 10–18.
- Lilly D.G. Evidence of tolerance to silica-based desiccant dust in a pyrethroid-resistant strain *Cimex lectularius* (Hemiptera: Cimicidae) / D.G. Lilly, C. E. Webb, S.L. Doggett // Insects. 2016. V. 74. N 7. P. 1–12.
- Prasanth B.D.R. Lipid adsorption of diatomaceous earths and increased permeability in the epicuticle layer of the cowpea weevil *Callosobruchus maculatus* (F.) and the bean weevil *Acanthoscelus obtectus* (Say). / B.D.R. Prasanth, C. Reichmuth, C. Adler, D. Felgentreu // Journal of Stored Product Research. 2015. V. 64. Part A. P. 36–41.
- Shah M.A. Use of diatomaceous earth for the management of stored-product pests / M.A. Shah, A.A. Khan. // International Journal of Pest Management. 2014. V. 60. N 2. P. 100–113.
- Singh B. Laboratory and field studies demonstration the insecticidal potential of diatomaceous earth against wheat aphids in rice-wheat cropping system of Punjab (India). / B., Singh, V. Singh // Cereal Research Communication. 2016. V. 43. N 3. P. 435–443.

#### Translation of Russian References

- Dolzhenko V.I., Sukhoruchenko G.I. Pests of potatoes. The Colorado potato beetle. Methodical instructions on registration tests of insecticides, acaricides, rodenticides and molluscicides in agriculture. Saint Petersburg. 2009. P. 129–131 (In Russian).
- Grigorieva A.V. Mineralogy of zeolite-containing rocks of the Russian platform as exemplified by Hotynets Deposit in Orel Region. PhD Dissertation. Moscow. 2002. 24 p. (In Russian).
- Sukhoruchenko G.I., Vasilyeva T.I., Ivanova G.P., Volgarev S.A. Biological activity of zeolite diatomaceous earth against several pests of agricultural crops. The Bulletin of plant protection. 2018. N 3 (97). P. 29–35 (In Russian).
- Vasilyeva T. I., Gleize, V. M., Dolzhenko O. V. Pests of potatoes. Aphids are vectors of viral diseases of potatoes. Methodical instructions on registration tests of insecticides, acaricides, rodenticides and molluscicides in agriculture. Saint Petersburg. 2009. P. 126–128 (In Russian).

## BIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF ZEOLITE-CONTAINING TRIPOLI IN PEST CONTROL OF POTATOES

G.I. Suchorutchenko, T.I. Vasilieva, G.I. Ivanova, S.A. Volgarev

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

The biological effectiveness of the tripoli of the Hotynets Deposit (Orel region) was evaluated for the control of Colorado beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say in the Belgorod region on potatoes and foxglove aphid *Aulacorthum solani* Kalt in a greenhouse. It was found that 4% suspension of tripoli reduced the number of Colorado potato beetle larvae by 72.2–49.1% for 14 days (using double treatment). Lower indices were obtained with the use of the preparation in 2% concentration (70.2–37.8% reduction in population). Despite its moderate effectiveness, the tripoli suppressed the pest below the economic threshold of harmfulness. Biological efficiency of tripoli in the combat against foxglove aphids after double treatment of potatoes with 4% suspension was 98.0–95.0% for 14 days. The tripoli, as a preparation of natural origin, is of interest for further study in systems of alternative insecticides to combat resistant populations of the Colorado potato beetle and foxglove aphid in primary potato seed production.

**Keywords:** potato, zeolite-containing tripoli, foxglove aphid, Colorado potato beetle, the number of treatments, effectiveness.

Received: 27.08.2018

Accepted: 20.11.2018

### Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация  
Сухорученко Галина Ивановна. Главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: suhoruchenkogalina@mail.ru  
Васильева Тамара Ильинична. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: ecotoc2016@mail.ru  
Иванова Галина Петровна. Ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: galinaivanova-vizr@yandex.ru  
\*Волгарев Сергей Анатольевич. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: ecotoxicology@vizr.spb.ru

\* Ответственный за переписку

### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation  
Suchorutchenko Galina Ivanovna. Principal Researcher, DSc in Agriculture, e-mail: suhoruchenkogalina@mail.ru  
Vasilyeva Tamara Ilinichna. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: ecotoc2016@mail.ru  
Ivanova Galina Petrovna. Leading Researcher, PhD in Agriculture, e-mail: galinaivanova-vizr@yandex.ru  
\*Volgarev Sergey Anatolievich. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: ecotoxicology@vizr.spb.ru

\* Corresponding author

УДК 635.21:632.752.2 (470.2)

DOI: 10.31993/2308-6459-2018-4(98)-34-40

## ПРОБЛЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЛЕЙ-ПЕРЕНОСЧИКОВ ВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ МЕРИСТЕМНОГО КАРТОФЕЛЯ НА ПРИМЕРЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

С.А. Волгарев, Г.П. Иванова, Г.И. Сухорученко, М.Н. Берим

*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Обобщены результаты мониторинга видового состава и численности тлей-переносчиков вирусной инфекции при выращивании меристемного картофеля (микрорастения и миниклубни) в ЗАО «Октябрьское» Волосовского района Ленинградской области за 2013, 2016–2017 гг. при использовании желтых водных ловушек. Установлено, что количество видов и численность тлей зависит от условий года. В год низкой численности (2016) было отмечено 20 видов, в год интенсивного развития (2017) – 30. При этом в 2013 и 2017 годах регистрировались все 5 основных видов, связанных пищевыми отношениями с картофелем (*Aphis fabae* Scop., *A. nasturtii* Kalt., *Aulacorthum solani* Kalt., *Macrosiphum euphorbiae* Thomas, *Myzus persicae* Sulz.), а в 2016 году их было только 2 – *A. fabae* и *A. nasturtii*. Количество уловленных ловушками тлей было различным в зависимости от места их расположения. Наибольшее число насекомых отлавливалось ловушками на территории, граничащей с приусадебными участками, что необходимо учитывать при организации мониторинга. В теплицах единичные особи тлей отмечены только в год высокой численности, независимо от интенсивности использования инсектицидов или применения для контроля численности тлей комплекса энтомофагов. При анализе микрорастений и миниклубней с использованием ИФА наличия вирусной инфекции во всех теплицах не установлено, что свидетельствует о возможности снижения инсектицидной нагрузки в теплицах и на территории вокруг них за счет увеличения доли использования полезных членистоногих.

**Ключевые слова:** семенной картофель, микрорастения, миниклубни, тли-переносчики вирусов, мониторинг, желтые водные ловушки.

Поступила в редакцию: 31.10.2018

Принята к печати: 20.11.2018

Вирусные болезни картофеля традиционно считаются одним из главных факторов, ограничивающих получение высоких урожаев этой культуры. Широкая возможность передачи и распространения вирусной инфекции при на-

личии в посадке картофеля вирусного инокулюма предъявляет особые требования к чистоте посадочного материала и они в последнее время ужесточаются, особенно для его высоких категорий [Анисимов, Зебрин, 2018; Аниси-

мов, 2018]. Большинство семеноводческих хозяйств Северо-Запада России, имеющих меристемные лаборатории, используют для выращивания миниклубней пленочные теплицы, а также притепличные территории, где растения в первый период вегетации находятся под временными укрытиями из марли или спанбонда. Аналогичные условия выращивания миниклубней имеют место и в Московской области [Зейрук и др., 2017].

Анализ вирусологического состояния микрорастений из меристемных лабораторий показывает, что благодаря тщательному отбору посадочный материал этой категории является свободным от явной вирусной инфекции. Но можно предположить наличие некоторого её количества в латентной форме, не улавливаемого современными методами анализа, в частности, иммуноферментным анализом ИФА (ELISA-test), используемым в обычных меристемных лабораториях. Это ведет к накоплению вирусной инфекции при выращивании миниклубней и уже визуального её проявления в первом и последующих полевых поколениях, что повсеместно отмечается как в семеноводческих хозяйствах Северо-Запада РФ [Сухорученко и др., 2013], так и в других регионах России [Анисимов, 2014; Зейрук и др., 2017]. Если не считаться с этим предположением, то вирусный инокулюм в достаточном количестве должен быть в других источниках, в частности, сорных растениях, как на территории тепличного комплекса, так и близлежащих неконтролируемых частных посадках, откуда может попадать в растения картофеля с помощью переносчиков, наиболее активными из которых, благодаря миграционной способности, являются тли. Именно тли рассматриваются в качестве причины широкого распространения вирусной инфекции на посадках картофеля в большинстве публикаций в нашей стране [Анисимов, 2014; Зейрук и др., 2017] и за рубежом [Pelletier et al., 2014; Milošević et al., 2014], что свидетельствует о необходимости их жесткого контроля в семеноводческих хозяйствах.

Определение дополнительных источников вирусного инокулюма, помимо посадочного материала, и соответствующий фитосанитарный их контроль является сложной и пока не решенной проблемой, также как определение вирофорности переносчиков до заселения ими посадок картофеля. В то же время анализ публикуемых данных не подтверждает 100% инфицирования растений картофеля вирусами при посещении их тлями разных видов. Так, в сводке Д.В. Регейдыла с соавторами [2005] на основании

литературных материалов по 53 видам тлей, протестированных по переносу YBK (полевые и лабораторные тесты), только у 4 видов, не отмеченных в нашей зоне (*Criptomyzus ballotae* Hille Ris Lambrs, *Myzus miosotidis* Börner, *Myzus ligustri* Mosley, *Rhopalosiphoninus staphyleae tulipaellus* Theobald), регистрируется 100% перенос инфекции. Колебания инфицирования растений Y-вирусом картофеля персиковой тлей *Myzus persicae* Sulz. составляют 4.7–71.1%, ВСЛК (L-вирус картофеля) – 2.4–83.8%, а этот вид тли обычно рассматривается в качестве эталона переноса вирусной инфекции и численность других видов соотносят с учетом коэффициента её вредности [Шпаар и др., 2007].

Число видов тлей, регистрируемых в мире в качестве переносчиков вирусов, ежегодно возрастает, а некоторые исследователи [Pelletier et al., 2012] считают, что любой вид тли может рассматриваться в качестве переносчика вирусной инфекции. Анализируемые материалы, на наш взгляд, свидетельствуют о том, что, с одной стороны, для успешного инфицирования растений вирусной инфекцией тлями необходим комплекс условий и значительное место в этом процессе имеет элемент случайности. С другой – открывает широкие перспективы для управления численностью тлей с использованием комплексного подхода, в котором главная роль может и должна принадлежать профилактическим мероприятиям и биологическим средствам. Значение энтомофагов в снижении численности подчеркивалось еще в 70-е годы прошлого столетия [Зыкин, 1970], а современные технологии их массовой наработки позволяют все активнее использовать этот ресурс биологической защиты [Белякова, Поликарпова, 2016]. Это тем более важно в свете имеющихся сообщений о формировании у тлей разных видов резистентности к инсектицидам при интенсивном их использовании не только на меристемной культуре, но и полевых репродукциях, что осложняет фитосанитарную ситуацию на посадках картофеля [Fray et al., 2014].

С целью оптимизации защиты меристемного картофеля, путем введения в систему мероприятий комплекса энтомофагов, контролирующей численность тлей, в тепличном комплексе семеноводческого картофельного хозяйства ЗАО «Октябрьское» Волосовского района Ленинградской области, руководство которого разрешило проведение наших исследований, осуществлялся мониторинг появления и развития этих фитофагов.

#### Методика исследований

Для наблюдений за появлением, динамикой численности и видовым составом тлей на посадках меристемного картофеля в теплицах и территории тепличного комплекса использовались традиционные методы – учет численности на 100 листьях растений картофеля и применение желтых ловушек Мёрике в нашей модификации – круглые пластиковые сосуды желтого цвета, диаметром 21 и высотой 10 см. Территория биотехнологического комплекса ЗАО «Октябрьское» ограждена, включает меристемную лабораторию для культивирования микрорастений картофеля и пленочные теплицы для получения миниклубней. Частично микрорастения выращивают и возле теплиц под временными укрытиями из спанбонда, которые снимаются в июне. Каких-либо специальных мероприятий по поддержанию территории чистой от сорных растений не проводится. При предварительном изучении фитосанитарной ситуации в августе 2013 г. одну ловушку располагали непосредственно перед теплицами, в

которые высаживали меристемные растения, вторую – на границе территории, за которой располагались жилые постройки и приусадебные участки. В самих теплицах проводились учеты на растениях. В 2016 и 2017 гг. для уточнения фитосанитарной ситуации ловушки устанавливались, помимо территории, непосредственно в теплицах, в которых размещали по 2 ловушки – в начале (теплица № 4, ловушка № 10, теплица № 5, ловушка № 8) и конце теплицы (теплица № 4, ловушка № 11, теплица № 5, ловушка № 9). Для сравнительной оценки и более четкого понимания процесса заселения растений тлями руководство ЗАО «Октябрьское» в 2017 г. разрешило в одной из теплиц (№ 5) не применять инсектициды, за что авторы выражают свою глубокую благодарность. Отловленный в ловушки и собранный на растениях энтомологический материал идентифицировался в лабораторных условиях ФГБНУ ВИЗР старшим научным сотрудником, кандидатом биологических наук М.Н. Берим.

### Результаты и обсуждение

ЗАО «Октябрьское» Волосовского района Ленинградской области является одним из крупных хозяйств по производству семенного картофеля. Система защитных мероприятий как при выращивании меристемных растений, так и полевых репродукций базируется на комплексе агротехнических мероприятий, направленных на сохранение хозяйственно-ценных свойств сортов в течение длительного времени культивирования, использовании современных средств защиты растений, обеспечивающих получение здорового семенного материала, свободного от наиболее опасной вирусной инфекции и других заболеваний [Степанова, 2013]. Ассортимент инсектицидов представлен препаратами тиаметоксама из класса неоникотиноидов, обладающих системной активностью, путем внесения их в грунт при посадке микрорастений или для обработки клубней полевых репродукций. Для вегетирующих растений, помимо пиретроидов, в настоящее время в систему включены фосфорорганические препараты на основе диметоата, а также неоникотиноид биская (действующее вещество тиаклоприд) [Волгарев и др., 2016].

По информации специалистов хозяйства качество каждой репродукции семенного картофеля контролируется помимо собственных анализов с использованием ИФА, так и независимыми экспертами – лабораторией ФГБУ «Россельхозцентр» по Ленинградской области, а также институтом картофелеводства им. А.Г. Лорха, от которого хозяйство получает семенной материал ряда сортов [Степанова, 2013].

Результаты ежегодных анализов и сертификаты качества клубней свидетельствуют о том, что применяемая си-

стема защиты достаточно эффективна в борьбе с тлями-переносчиками вирусной инфекции на семенном картофеле, их количество на посадках минимально, либо вредители отсутствуют. Кроме того, мини клубни, выходящие из теплиц, не несут латентной инфекции, улавливаемой чувствительностью ИФА в этот период. Тем не менее, как показывают результаты вирусологических анализов клубней полевых репродукций, определенное количество больных клубней, в том числе в первом полевом поколении, начинает проявляться, ежегодно увеличиваясь в последующих репродукциях. Такая ситуация характерна для всех производителей семенного картофеля [Зейрук и др., 2017].

В этой связи представлялось важным определение общей картины афидной нагрузки на территории тепличного комплекса, где планировалось использование в борьбе с тлями комплекса энтомофагов, поскольку предварительные материалы, полученные в августе 2013 г. свидетельствовали о зависимости количества тлей, привлекаемых желтыми водными ловушками как от времени, так и места их размещения. Так, в начале месяца практически не отличалось количество уловленных тлей в ловушках, расположенных у теплиц и на границе территории с приусадебными участками (табл. 1). Однако к концу месяца число тлей в этой ловушке увеличилось, что свидетельствует о более интенсивном лете насекомых в этот период, когда проводилась дефолиация и выкопка мини клубней, что может иметь значения для инфицирования микрорастений, если тли могли быть виофорны [Шпаар и др., 2007].

Таблица 1. Влияние места размещения желтых водных ловушек на уловистость крылатых тлей (Территория тепличного комплекса ЗАО «Октябрьское», 2013 г.)

Размещение ловушки	Количество тлей, особей/ловушку		
	2.08	5.08	23.08
На границе территории с приусадебными участками	3	14	39
У теплиц	4	14	10

Проведенные в 2013 г. наблюдения показали, что по погодным условиям (ливневые дожди в первую половину вегетации, затем высокие температуры, низкая относительная влажность воздуха) год был неблагоприятным для развития тлей, так как оптимальными для них являются умеренные показатели температуры и влажности воздуха всего периода вегетации различных культур. Низкая численность тлей в вегетационном сезоне 2013 года отмечалась нами и на посадках картофеля в Устюженском районе Вологодской области и специалистами ВИЗР в Ленинградской области на зерновых и других культурах.

В 2016 году, крайне неблагоприятном для развития тлей (регулярные ливневые дожди, сильные ветры), самое большое количество тлей (16) на территории тепличного комплекса отлавливалось в ловушки на границе с приусадебными участками в июне и июле месяце, в августе их число снизилось до 4. Микрорастения картофеля, выращиваемые в теплицах и около тепличной территории, подвергались интенсивным обработкам инсектицидами в течение сезона и развитие тлей сдерживалось большой кратностью их применения, в связи с чем тли не обнару-

живались как при визуальных учетах на растениях, так и с помощью ловушек (табл. 2).

Несмотря на обработки посадок микрорастений в теплицах и возле тепличного комплекса инсектицидами, оба года исследований тли на его территории обнаруживались в ловушках, поэтому возможность их залёта в теплицы, особенно в годы высокой численности, нами не исключалась. Это и подтвердилось материалами 2017 года.

Этот год характеризовался достаточно высокой интенсивностью развития тлей, особенно в июле, что отразилось и на уловистости ловушек (табл. 2). Единичные особи тлей в июне и июле регистрировались и в ловушках, размещенных в теплицах, независимо от интенсивности применения инсектицидов. Однако первой 13 июня обнаружилась обыкновенная картофельная тля *Aulacorthum solani* Kalt. в теплице № 5, в которой она вероятнее всего и перезимовала на сорных растениях, поскольку в ловушках на территории комплекса в эту дату учетов обыкновенной картофельной тли не было. Впоследствии, тля активно развивалась на растениях, но крылатых особей в колониях практически не наблюдалось, что было связано с обилием кормового растения и тли расселялись бескрылыми

Таблица 2. Влияние места размещения желтых водных ловушек на уловистость крылатых тлей на территории тепличного комплекса по выращиванию миниклубней картофеля ЗАО «Октябрьское», 2016–2017 гг.

Размещение ловушки	№ ловушки	Количество тлей, особей/ловушку					
		июнь		июль		август	
		2016	2017	2016	2017	2016	2017
Теплица № 4, использование инсектицидов	10	0	1	0	4	0	0
	11	0	0	0	2	0	0
Теплица № 5: 2016 г. – использование инсектицидов; 2017 г. – сочетание инсектицидов с выпусками энтомофагов	8	0	2	0	6	0	0
	9	0	0	0	3	1	1
Среди растений картофеля возле теплиц	5	3	0	9	94	3	3
На границе с приусадебными участками	4	16	19	16	229	4	4
На границе с дорогой	16	–	9	–	29	–	0

формами благодаря высокой плотности растений. В эту дату учетов в теплице № 4 тлей в ловушках обнаружено не было. В ловушке, расположенной на границе с приусадебными участками отловилось всего по одной особи черемухово-злаковой тли *Rhopalosiphum padi* L. и *Uroleucon* spp. Низкий уровень летной активности в этот период был связан с ливневыми дождями. К концу июня одна особь обыкновенной картофельной тли была зарегистрирована и в теплице № 4.

Самый активный лет тлей происходил в июле. Больше всего (229 особей, табл. 2) отловилось на ловушку, расположенную на границе с приусадебными участками, 94 тли – на ловушку среди растений картофеля у теплиц, 29 – на границе с дорогой. При этом в начале июля большое количество тлей концентрировалось внутри теплицы на пленке, а также снаружи, но большая часть этих особей была представлена видом *Calliptorinella tuberculata* von Heyden (88.9% сбора тлей), основным кормовым растением которого является береза. Этот вид тли в желтых ловушках за весь сезон отмечен не был. Пленка, которой были покрыты теплицы, имела желто-оранжевый цвет и, возможно, это надо иметь в виду при выборе покрывного материала. Тли, в частности, обыкновенная и большая картофельная, развивались в первой половине июля на крапиве и других сорных растениях на территории комплекса, откуда могли заселять растения картофеля. В колониях тлей в этот период наблюдалось большое количество паразита *Aphidius ervi* Hal. Визуальных признаков вирусного поражения на сорных растениях не было. В августе численность тлей резко снизилась.

Анализ материалов по видовому составу афидофауны на территории тепличного комплекса «Октябрьское» свидетельствуют, что обилие видов и численность тлей зависят от условий года, влияющих на интенсивность развития конкретных видов (табл. 3).

В наиболее благоприятном для развития тлей 2017 году на территории комплекса отмечено 30 видов тлей, в 2013 году – 29 видов, в 2016 – 20. Доля видов тлей, питающихся, помимо картофеля, овощными, цветочными культурами и сорными растениями, которые могут содержать вирусный инокулюм, составляла 36.0, 30.1 и 19.4% соответственно (табл. 3). При этом в 2013 и 2017 гг. регистрировались все 5 основных картофельных вида (*A. fabae*, *A. nasturtii*, *Aulacorthum solani*, *M.euphorbiae*, *M.persicae*), а

в 2016 году, с учетом материалов в ловушках Россельхозцентра по Ленинградской области, размещенных на сутки в ЗАО «Октябрьское» и полученных нами для идентификации позже, их было всего 2 – *A. fabae* и *A. nasturtii*.

Если рассматривать сорные растения в качестве постоянного компонента картофельных агробиоценозов, то, естественно, доля видов тлей, которые могут случайно посетить и растения картофеля, возрастает. Поэтому снижение засоренности посадок, культивационных сооружений и около тепличных территорий имеет очень большое значение для контроля численности переносчиков, так как сорные растения, наряду с частными посадками, являются резервуарами инокулюма вирусной инфекции тлей – переносчиков вирусной инфекции [Шпаар и др., 2007].

Установлено также, что чем больше ловушек размещается на относительно небольшой территории, тем большее количество особей они привлекают. Так, в 2016 году, при размещении специалистами Россельхозцентра по Ленинградской области среди растений картофеля возле теплиц 19-20.07.2016 г. 8 желтых водных ловушек диаметром 12 см и глубиной 2 см, через сутки в них отловилось 37 особей 8 видов (табл. 4), что составило 55.2% общего количества и 40% видового состава этого года, отловленных на две ловушки диаметром 21 см и глубиной 10 см. На основании полученных нами материалов, считаем небезопасным размещение желтых ловушек вблизи или среди растений меристемного картофеля, поскольку желтый цвет привлекает тлей.

По результатам экспертизы, выполненной специалистами Россельхознадзора по Ленинградской области с использованием метода ИФА, вирусного поражения на растениях картофеля ни в одной теплице, в том числе, где применяли для контроля тлей энтомофагов (галлица афидимиза, афидиус матрикарция и кокцинеллида хармония), выявлено не было. Это свидетельствует о возможности введения в систему защиты меристемного картофеля регулярных выпусков комплекса энтомофагов в сроки, когда численности природных видов полезных членистоногих недостаточно для эффективного контроля тлей.

При использовании в тепличных комплексах по выращиванию меристемного картофеля для мониторинга тлей желтых ловушек, размещать их следует на границах территории с целью определения мест наибольшей опасности лета этих насекомых.

Таблица 3. Видовой состав и численность тлей, отловленных желтыми ловушками, на территории тепличного комплекса по выращиванию миникулубной картофеля в ЗАО «Октябрьское»

Пищевые связи	Вид тли	Количество отловленных особей вида по годам						
		2013		2016		2017		
		всего	%	всего	%	всего	%	
Картофель, овощные, цветочные культуры и сорные растения	<i>Aphis fabae</i> Scop.	12	10.9	1	1.5	16	9.9	
	<i>Aphis nasturtii</i> Kalt.	3	2.7	11	16.4	10	6.3	
	<i>Aulacorthum solani</i> Kalt.	2	1.8	0	0	7	4.3	
	<i>Macrosiphum euphorbiae</i> Thomas	7	6.5	0	0	16	9.9	
	<i>Myzus persicae</i> Sulz.	9	8.2	0	0	9	5.6	
	<i>Myzus ornatus</i> Laing.	0	0	1	1.5	0	0	
Черемуха и злаковые	<i>Rhopalosiphum padi</i> L.	0	0	2	3.0	4	2.5	
	<i>Acaudinum</i> spp.	0	0	1	1.5	1	0.6	
Сорные растения	<i>Acyrtosiphum pisum</i> Harr.	6	5.5	1	1.5	14	8.7	
	<i>Anoecia corni</i> F.	1	0.9	0	0	0	0	
	<i>Aphis craccae</i> L.	1	0.9	0	0	0	0	
	<i>Brachycaudus cardui</i> L.	6	5.5	2	3.0	2	1.2	
	<i>Brachycaudus helichrysi</i> Kalt.	2	1.8	0	0	3	1.9	
	<i>Brevicoryne brassicae</i> L.	0	0	2	3.0	2	1.2	
	<i>Hyperomyzus lactucae</i> L.	2	1.8	1	1.5	3	1.9	
	<i>Lipaphis erysmi</i> Kalt.	9	8.2	0	0	9	5.6	
	<i>Macrosiphoniella</i> spp.	1	0.9	0	0	6	3.7	
	<i>Megoura viciae</i> Buck.	2	1.8	0	0	2	1.2	
	<i>Rhopalosiphum pseudobrassicae</i> L.	3	2.7	0	0	0	0	
	<i>Sitobion avenae</i> F.	4	3.6	2	3.0	2	1.2	
	<i>Therioaphis trifolii</i> M.	0	0	0	0	2	1.2	
	<i>Uroleucon</i> spp.	0	0	0	0	3	1.9	
	Плодовые и ягодные культуры	<i>Aphis idaei</i> Gott.	6	5.5	8	11.9	3	1.9
		<i>Aphis pomi</i> Deg	0	0	0	0	11	6.8
<i>Criptomyzus galeopsidis</i> Kalt		2	1.8	0	0	0	0	
<i>Capitophorus elaeagni</i> Guerc.		0	0	0	0	10	6.3	
<i>Dysaphis devectora</i> Walk.		2	1.8	3	4.5	2	1.2	
<i>Dysaphis</i> spp.		0	0	1	1.5	0	0	
<i>Hyperomyzus rhinanthi</i> Schout		0	0	0	0	1	0.6	
<i>Rhopalosiphum insertum</i> Walk.		6	5.5	6	8.9	3	1.9	
<i>Rhopalosiphoninus ribesinus</i> G.		1	0.9	1	1.5	1	0.6	
Деревья и кустарники		<i>Aphis evonymi</i> F.	6	5.5	0	0	0	0
	<i>Aphis farinosa</i> Gmel.	0	0	1	1.5	0	0	
	<i>Aphis sambuci</i> L.	2	1.8	16	23.8	8	5.0	
	<i>Cavariella aegopodii</i> Scop.	0	0	0	0	3	1.9	
	<i>Cinara costata</i> Zett.	4	3.6	0	0	0	0	
	<i>Euceraphis punctipennis</i> Zett	0	0	3	4.5	0	0	
	<i>Liosomaphis berberidis</i> Kalt.	0	0	2	3.0	4	2.5	
	<i>Macrosiphum rosae</i> L.	1	0.9	0	0	3	1.9	
	<i>Mindarus</i> spp.	5	4.5	0	0	0	0	
	<i>Myzocallis castanicola</i> Baker.	2	1.8	0	0	1	0.6	
	<i>Phorodon humuli</i> Schvank	2	1.8	0	0	0	0	
	<i>Tinocallis platani</i> Kalt	0	0	2	3.0	0	0	
<b>Всего особей:</b>		110	100	67	100	161	100	
<b>Количество видов:</b>		29		20		30		
<b>Видов, связанных с картофелем, от общего количества, %</b>		30.1		19.4		36.0		

Таблица 4. Видовой состав и численность тлей, отловленных за сутки 8 водными желтыми ловушками на территории посадки картофеля возле теплиц (ЗАО «Октябрьское», 19–20.07.2016 г.)

Вид тли	Основное кормовое растение	Количество особей	
		всего	% к общему количеству
<i>Aphis sambuci</i> L.	бузина	15	40.6
<i>Aphis nasturtii</i> Kalt.	крушина	11	29.7
<i>Euceraphis punctipennis</i> Zett.	береза	3	8.1
<i>Liosomaphis berberidis</i> Kalt.	барбарис	2	5.4
<i>Myzus ornatus</i> Laing.	цветочные	1	2.7
<i>Rhopalosiphum insertum</i> Walk.	яблоня	2	5.4
<i>Rhopalosiphoninus ribesinus</i> Goot.	смородина	1	2.7
<i>Tinocallis platani</i> Kalt.	вяз	2	5.4
<b>Общее количество особей:</b>		37	100.0

## Библиографический список (References)

- Анисимов Б.В. Фитосанитарные зоны и их роль в безвирусном в семеноводстве картофеля / Б.В. Анисимов // Защита и карантин растений. 2014. N 11. С. 14–19.
- Анисимов Б.В. Совершенствование нормативной базы в сфере производства, контроля качества и сертификации семенного картофеля / Б.В. Анисимов, С.Н. Зебрин // Защита картофеля. 2018. N 1. С. 6–10.
- Анисимов Б.В. Нормативное регулирование товарного качества семенного картофеля / Б.В. Анисимов // Защита и карантин растений. 2018. N 9. С. 25–28.
- Белякова Н.А. Скрининг энтомофагов для защиты семенного картофеля от тлей-переносчиков вирусов в современных теплицах / Н.А. Белякова, Ю.Б. Поликарпова // Вестник защиты растений. СПб. 2016. N 4 (90). С. 44–50.
- Волгарев С.А. Положение с тлями-переносчиками вирусных заболеваний картофеля в северо-западном регионе РФ / С.А. Волгарев, Г.П. Иванова, Г.И. Сухорученко // Вестник защиты растений. СПб. 2016. N 4 (90). С. 87–89.
- Гегадейл Д.В. Эпидемиология и полевой контроль за УВК и ВСЛК. / Д.В. Гегадейл, Е.Б. Редклифф, С.Д. ДиФонзо // В кн. Вирусные и вирусоподобные болезни и семеноводство картофеля под ред. Г. Лебенштейна, Ф.Х. Бергера, А.А. Бранта, Р.Х. Лоусона. ООО Инновационный центр защиты растений. 2005. С. 121–145.
- Зейрук В.Н. Биологическая защита меристемного семенного картофеля от вредителей-переносчиков вирусов в закрытом грунте / В.Н. Зейрук, Н.А. Белякова, Г.Л. Белов, С.В. Васильева, М.К. Деревягина, Г.В. Митина // Защита картофеля. 2017. N 4. С. 3–11.
- Зыкин А.Г. Тли-переносчики вирусов картофеля / А.Г. Зыкин // Л.: Изд. «Колос», 1970. С. 36–37.
- Кюрцингер В. Опыт борьбы с тлями-переносчиками вирусов в картофелеводстве Германии / В. Кюрцингер, Д. Шпаар // Ахова раслин. 2000. N 4. С. 14–16.
- Степанова Н.Г. Система защиты семенного картофеля от болезней и вредителей в Северо-Западном регионе / Н.Г. Степанова // Материалы Третьего Всероссийского съезда по защите растений «Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем». 2013. т. 1, С. 183–185.
- Шпаар Д. Картофель / Д. Шпаар, А. Быкин, Д. Дрегер, А. Захаренко, В. Иванюк, С. Каленская, В. Кюрцингер и др. // М.: ООО «ДЛВ Агродело». 2007. С. 234–251.
- Fray L.M. Behavioural avoidance and enhanced dispersal in neonicotinoid-resistant *Myzus persicae* (Sulzer) / L.M. Fray, S.R. Leather, G. Powell, R. Staler, E. McIndoe, R.J. Lind // Pest. Manag. Sci., 2014. Volume 70, P. 88–96.
- Milošević D. The effects of monitoring the abundance and species composition of aphids as virus vectors on seed potato production in Serbia / Milošević D., Milenković S., Perić P. and Stamenković S. // Pestic. Phytomed (Belgrade), 29 (1). 2014. P. 9–19.
- Pelletier Y. A New Approach for the identification of Aphid Vectors (Hemiptera, Aphididae) of Potato Virus Y / Y. Pelletier, X. Nie, M-F. Giguere, U. Nanayakkara, E. Maw, R. Footitt // Journal of Economic Entomology. 2012. Volume 105, Issue 6, P. 1909–1914.
- Steinger T. Forecasting virus disease in seed potatoes using flight activity data of aphid vectors / T. Steinger, G. Goy, H. Gilliard, T. Hebeisen, J. Derron // Annals of Applied Biology, 2015. Volume 1. P. 410–419.

## Translation of Russian References

- Anisimov B.V. Phytosanitary zones and their role in seed-free potato production. Zashchita i karantin rastenij. 2014. N 11. P. 14–19 (In Russian).
- Anisimov B.V., Zebrin S.N. Improvement of the regulatory framework in the field of production, quality control and certification of seed potatoes. Zashchita kartofelya. 2018. N 1. P. 6–10 (In Russian).
- Anisimov B. Standard regulation of the quality of seed potatoes. Zashchita i karantin rastenij. 2018. N 9. P. 25–28. (In Russian).
- Belyakova N.A., Polikarpova Y.B. Screening of entomophages to protect seed potatoes from aphid vectors of viruses in modern greenhouses. Vestnik zashchity rastenij. 2016. N 4. P. 44–50 (In Russian).
- Curtsinger V., Shpaar D. Experience in the fight against aphids-vectors of potato viruses in Germany. Aхова raslin. 2000. N 4. P. 14–16 (In Russian).
- Hegedal D.V., Radcliffe E.B., Difonzo C.D. Epidemiology and field control of PVY is and VSLK. In: Virus and virus-like diseases and seed potatoes. Loebenstein G., Berger F.H., Brunt A.A., Lawson R.H. (Eds). St. Petersburg. Innovacionnyj centr zashchity rastenij. 2005. P. 121–145 (In Russian).
- Shpaar D., Bakin A., Draeger D., Zakharenko A., Ivanyuk V., Kalens'ke S., Curtsinger V. et al. Potato Moscow. Agrodello. 2007. P. 234–251 (In Russian).
- Stepanova N.D. Seed potato protection system against diseases and pests in the North-West region. In: Materialy Tret'ego Vserossijskogo s'ezda po zashchite rastenij «Fitosanitarnaya optimizaciya agroekosistem». 2013. V. 1, P. 183–185. (In Russian).
- Volgarev S., Ivanova G.P., Sukhoruchenko G.I. Situation with aphids-carriers of viral diseases of potatoes in the North-Western region of the Russian Federation. Vestnik zashchity rastenij. 2016. N 1. P. 87–89 (In Russian).
- Zaruk V.N., Belyakova N.A., Belov G.L., Vasilyeva S.V., Derevyagina M.K., Mitina G.V. Biological protection of the meristem seed potatoes from pests vectors of viruses in greenhouses. Zashchita kartofelya. 2017. N 4. P. 3–11. (In Russian).
- Zykin A.G. T-potato virus carriers Leningrad. Kolos. 1970. P. 36–37 (In Russian).

lant Protection News, 2018, 4(98), p. 34–40

## PROBLEMS OF MONITORING APHIDS AS VIRUS VECTORS WHEN GROWING MERISTEM POTATOES IN THE LENINGRAD REGION AS AN EXAMPLE

S. A. Volgarev, G. P. Ivanova, G. I. Sukhoruchenko, M. N. Berim

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

The paper summarizes results of the monitoring performed using yellow water traps to estimate the species composition and number of aphid vectors of a viral infection during the cultivation of meristem potatoes (microplants and mini-tubers) in the Leningrad Region in 2013, 2016–2017. It is found that the number of species abundance and aphid number varies from the conditions of the year. In the year of low (2016) and high abundance (2017), there were 20 and 30 species recorded, respectively. At the same time, all five major potato-associated species (*Aphis fabae* Scop., *A. nasturtii* Kalt., *Aulacorthum solani* Kalt., *Macrosiphum euphorbiae* Thomas, *Myzus persicae* Sulz) were observed in 2013 and 2017, while in 2016, there were only 2 of them: *A. fabae* and *A. nasturtii*. The number of aphids caught in the traps was different depending on their location. The largest number of insects was caught in traps located on the border of the territory in front of personal plots and this should be considered when a monitoring is being planned. In greenhouses, individual aphids were noted only in a year of high abundance, regardless of the intensity of insecticide use or the use of the entomophage complex to control the aphids. Microplants and mini-tubers were found negative for the presence of viral infections using ELISA in all greenhouses. This can be therefore recommended to reduce the insecticidal load in the greenhouses and around them by increasing the rate of useful arthropods exploitation.

**Keywords:** seed potato, micro plant, mini-tuber, aphid vector of virus, monitoring, yellow water trap.

**Сведения об авторах**

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация

\*Волгарев Сергей Анатольевич. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: ecotoxicology@vizr.spb.ru

Иванова Галина Петровна. Ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук e-mail: galinaivanova-vizr@yandex.ru

Сухорученко Галина Ивановна. Главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: suhoruchenkagalina@mail.ru

Берим Марина Николаевна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: berim\_m@mail.ru

\* Ответственный за переписку

**Information about the authors**

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

\*Volkarev Sergey Anatolievich. Leading Researcher, PhD in Biology. e-mail: ecotoxicology@vizr.spb.ru

Ivanova Galina Petrovna. Leading Researcher, PhD in Agriculture, e-mail: galinaivanova-vizr@yandex.ru

Suchorutchenko Galina Ivanovna. Principal Researcher, DSc in Agriculture, e-mail: suhoruchenkagalina@mail.ru

Berim Marina Nikolayevna. Senior Researcher, PhD in Biology, e-mail: berim\_m@mail.ru

\* Corresponding author

УДК 632.38:635.21 (470.2)

DOI: 10.31993/2308-6459-2018-4(98)-40-44

**ВИРУСНЫЕ БОЛЕЗНИ КАРТОФЕЛЯ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ**

**Т.С. Фоминых, К.Д. Медведева**

*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Картофель относится к числу наиболее поражаемых болезнями культур. На нём широко распространены грибные, бактериальные болезни, нематоды, фитоплазмы, включая карантинные объекты. К наиболее вредоносным и проблемным патогенам относится комплекс вирусов. Более 37 видов могут заражать картофель в естественных условиях. В статье представлены результаты мониторинга посадок семенного картофеля на выявление и уточнение видового состава вирусной инфекции в период 2017–2018 гг. в Северо-Западном регионе России: Новгородской, Псковской, Вологодской областях. На основе лабораторного тестирования методами ИФА (ELISA-тест), ИХА для экспрессного определения Y, S, M, A, X вирусов картофеля и вируса скручивания листьев было проанализировано 430 образцов (листовая проба). Установлено преобладающее поражение растений Y- вирусом картофеля (Y<sup>0</sup>, Y<sup>n</sup>) на посадках всех категорий. Из сопутствующих отмечено нарастание встречаемости бактериозов: кольцевой гнили *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* и чёрной ножки, вызываемой *Dickeya dianthicola*.

**Ключевые слова:** картофель, семенные посадки, вирусная инфекция, иммунохроматографические наборы для экспрессного определения вирусов и бактериозов картофеля, метод ИФА (ELISA-тест).

Поступила в редакцию: 21.08.2018

Принята к печати: 20.11.2018

Картофель очень пластичен и широко распространен по всему миру. Относится к числу важнейших сельскохозяйственных культур по обеспечению продовольственной безопасности нашей страны. По посевным площадям и валовому производству картофеля Россия входит в число мировых лидеров, но значительно отстает от среднемирового уровня по урожайности. В европейских странах средняя урожайность составляет 30 т/га и выше, в России – 15 т/га. В то же время в отдельных хозяйствах, при интенсивной технологии возделывания и выполнении всех требований системы защиты семенных посадок, урожайность может достигать 55–60 т/га [http://mcx.ru].

В Российской Федерации из 37 вирусов, поражающих картофель в естественных условиях, чаще всего диагностируются 10. Для основных регионов РФ, производящих семенной картофель, наиболее важными из них, получившими практически повсеместное распространение, являются 5: Y- вирус картофеля (YBK, Potato virus Y, PVY); S- вирус картофеля (SBK, Potato virus S, PVS); M- вирус картофеля (MBK, Potato virus M, PVM); X- вирус картофеля (XBK, Potato virus X, PVX); L-вирус (вирус скручивания листьев картофеля, ВСЛК, Potato leaf roll virus, PLRV). Меньшее значение по распространенности и степени вредоносности имеют A- вирус картофеля (ABK, Potato virus A, PVA); вирус аукуба мозаики картофеля

(BAMK, Potato aucuba mosaic virus, PAMV); вирус метельчатости верхушки картофеля (BMBK, Potato mop top virus, PMTV); вирус погромковости табака, «ратл вирус» (ВПТ, Tobacco rattle virus, TRV); вирус черной кольцевой пятнистости томатов (ВЧКПТ, Tomato black ring virus, TBRV) [Лебенштейн, 2000; Фоминых, 2017].

Фитовирусы снижают продуктивность растений, вызывают их вырождение и создают реальную угрозу для семеноводства картофеля не только в России [Анисимов, 2004], но и в мире в целом. Так, по результатам исследований университета Айдахо, картофельные поля северных штатов США в последние 2–3 года все больше страдают от вируса Y. В 2013 г. вирусом были поражены 10% посадок и это принесло картофелеводам убыток более чем 300 долл. с каждого гектара [www.welikepotato.ru]. Этот вирус наиболее часто диагностируется и в нашей стране. В зависимости от штамма вируса, генотипа растения – хозяина, характера инфекции, срока заражения и комплекса условий среды, снижения урожая только от Y- вируса картофеля (YBK), может достигать 50–60% и более [Система интегрированной защиты...2011; Фоминых, 2017]. YBK характеризуется наличием нескольких штаммовых групп: Y<sup>C</sup>, Y<sup>n</sup>, Y<sup>0</sup>, Y<sup>nm</sup>, формирующих популяцию этого патогена в различных регионах. При этом установлено, что штаммовый состав вируса постоянно меняется, что уси-



ливаает его вредоносность [Усков, 2016]. В связи с этим в настоящее время большое внимание уделяется изучению популяционной структуры и распространения изолятов Y-вируса при возделывании картофеля в различных регионах.

### Материалы и методы

Для оценки распространенности вирусной инфекции и изучения видового состава патогенов в Новгородской, Псковской, Вологодской областях проводили маршрутные обследования семенных посадок картофеля разных категорий: первое полевое поколение (ППП), суперсуперэлита (SSE), суперэлита (SE), элита (E), первая репродукция (PC<sub>1</sub>) наиболее востребованных на рынке в настоящее время сортов картофеля. Дополнительно в 2018 г. в Вологодской области были отобраны пробы с микрорастений (мкл) в теплице.

С целью идентификации вирусов было отобрано за 2017–2018 гг. 430 образцов (листовая проба). В Псковской области оба года обследовались одни и те же сорта картофеля: Коломбо, Мемфис, Сильвана, Королева Анна, Радриго, Бельмондо, Бернина, Лаперла, Ред Скарлетт, с которых было отобрано в 2017 г. 100 проб, в 2018 – 90.

Новгородская (отобрано 60 проб с сортов Лабадия, Бафана, Эльмундо, Импала, Синеглазка, Аврора) и Вологодская (отобрано 180 проб с сортов Вега, Ред Скарлетт, Крепыш, Импала, Бриз, Нандина, Коломбо) области были включены в исследования в 2018 году. Всего за годы исследований протестировано 430 ли-

Целью настоящего исследования было уточнение видового состава вирусов на посадках семенного картофеля разных категорий в Псковской, Новгородской и Вологодской областях РФ.

стовых проб картофеля. В Вологодской области по просьбе производителей семенного материала исследовались также корни растений картофеля сортов Вега, Ред Скарлетт, Импала, Крепыш на наличие бактериальной инфекции.

Идентификация патогенов в полевых условиях осуществлялась с использованием иммунохроматографического метода для экспрессного определения (ИХА) 5 вирусов: YBK, SBK, MBK, XBK, ВСЛК и на 3 возбудителя бактериальных заболеваний (*Clavibacter michiganensis subsp. sepedonicus*, *Dickeya dianthicola*, *Pectobacterium atrosepticum*) разработанного в Институте биохимии им. А.Н. Баха Федерального исследовательского центра «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук совместно с ВНИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха. В лабораторных условиях для определения зараженности растений использовали наборы для ИФА (иммуноферментный анализ ELISA-test) на YBK, SBK, MBK, LBK и ABK.

Определение штаммового состава Y-вируса проводили на тест-растении *Nicotiana tabacum* v. Samsun 959 [Молдован, 1979].

### Результаты и обсуждение исследований

Материалы обследований посадок семенного картофеля зарубежной селекции: Коломбо (SE), Мемфис (SE,E), Сильвана (E), Королева Анна (E), Радриго (E), Бельмондо (E), Бернина (E), Лаперла (E), проведенные в Псковской области в июле как 2017, так и 2018 гг., свидетельствуют о наличии на ряде сортов симптоматики проявления вирусных заболеваний в виде морщинистости, мозаики, крапчатости и деформация листьев. Интенсивность симптомов на некоторых сортах (Коломбо, Радриго, Лаперла) в 2018 году увеличилась, несмотря на высокие категории посадок. Для идентификации вирусов в лабораторных условиях ВИЗР в 2017 г. проанализированы 100 образцов вышеперечисленных сортов. Иммуноферментный анализ (ИФА) показал, что в отобранных образцах преобладал в среднем YBK – 14.0%, MBK – 2.0%, SBK – 2.0%. В отобранных в 2018 г. 90 образцах картофеля этих же сортов увеличилось количество YBK до 23.3%, но уменьшилось до 1.1% число проявлений SBK и MBK при отсутствии L- и A-вирусов (табл. 1).

При обследовании посадок в Новгородской области в 2018 г. только у сорта Бафана (E) в 11.7% проб диагностировали Y-вирус. Сорта Лабадия (E) и Эльмундо (E), а также микрорастения в теплице дали отрицательную реакцию на все пять вирусов (табл. 1). В то же время в Вологодской области при анализе методом ИФА 180 образцов листьев выявлен низкий процент положительной реакции на Y-вирус у сорта Импала (SSE) – 0.5% и у сорта Крепыш (SE) 1.1% (табл. 1). При анализе образцов сорта Ред Скарлетт (мини клубни и ППП) было установлено поражение растений по 1.1% L- и A-вирусами, что недопустимо (особенно в отношении LBK) для этого уровня посадок. В новом межгосударственном стандарте ГОСТ 33996-2016, введенном в действие в России в 2018 г., в качестве национального стандарта на семенной картофель предельные

допуски в отношении тяжелых форм вирусных болезней, вызванных YBK и ВЛСК ограничены для категорий оригинального семеноводства (OC) до уровня 0.4%, ЭС – 1% и РС – 2%, мини клубни – 0% [Анисимов, 2018].

Штаммовый состав изолятов Y-вируса, отобранных в Псковской, Новгородской и Вологодской областях определяли по реакции патогена на растениях *N. tabacum* v.«Samsun 959».

В результате идентификации по симптомам на *N. tabacum* v.«Samsun 959» Y-вирус картофеля был отнесен к двум штаммам: к некротической группе Y<sup>n</sup> (симптомы в виде жилкового некроза, рис. 1, а) и к Y<sup>o</sup> (симптомы в виде «пестрицы», рис. 1, б.) [Молдован, 1979]. В большинстве случаев у протестированных на тест-растениях изолятов из Псковской, Новгородской и Вологодской областей диагностировалась смешанная инфекция Y<sup>n</sup>+Y<sup>o</sup>.

При маршрутных обследованиях в Вологодской области в 2018 г. были отмечены очаги с симптомами бактериального поражения по типу черной ножки. Поскольку в последние годы в России (по литературным данным) отмечается усиление вредоносности и изменение видового состава возбудителей бактериозов растений, в том числе картофеля [Игнатов, 2018], была проведена полевая диагностика для выявления видового состава бактериальной инфекции. Отобранные с четырех сортов образцы с явными поражениями бактериозами были проанализированы с использованием иммунохроматографического набора для экспрессного определения возбудителей бактериозов картофеля. Результаты тестирования, представленные в таблице 2, достаточно тревожны; на всех сортах в высоких репродукциях посадок диагностировалось проявление кольцевой гнили, вызываемой *C. michiganensis subsp. sepedonicus*, а также на трех сортах черной ножки *Dickeya dianthicola*.

Возбудитель кольцевой гнили картофеля *C. michiganensis* subsp. *sepedonicus* опасный патоген, включен в список А 2 Европейской организации карантинной и защиты растений (ЕОКЗР) и в список А 3 Перечня карантинных объектов РФ. Бактерии рода *Dickeya* в странах

ЕС вызывают черную ножку картофеля в 70% случаев, вытеснив обычных возбудителей, и также были включены в список карантинных организмов [Toth, 2011].

По новым нормативам, введенным в России 2018 г. в отношении бактериальных болезней вызванных *Dickeya*

Таблица 1. Пораженность сортов вирусами в посадках семенного картофеля в разных областях Северо-Запада РФ

№	Сорт	Репродукция	Наличие вирусов от общего количества отобранных образцов, %				
			YBK	SBK	MBK	LBK	ABK
<b>Псковская область, 2017–2018 гг.</b>							
1	Мемфис	SE 2017	0	0	0	–	–
		SE 2018	0	0	0	0	0
		E 2018	0	0	0	0	0
2	Коломбо	SE 2017	4.0	0	1.0	–	–
		SE 2018	7.8	0	0	0	0
3	Сильвана	E 2017	7.0	2.0	0	–	–
		E 2018	0	0	0	0	0
4	Бернина	E 2017	0	0	0	–	–
		PC <sub>1</sub> 2018	3.3	1.1	0	0	0
5	Радриго	E 2017	0	0	0	–	–
		PC <sub>1</sub> 2018	7.8	0	0	0	0
6	Королева Анна	E 2017	3.0	0	1.0	–	–
		PC <sub>1</sub> 2018	0	0	0	0	0
7	Бельмондо	E 2017	0	0	0	–	–
		PC <sub>1</sub> 2018	0	0	0	0	0
8	Лаперла	E 2017	0	0	0	–	–
		PC <sub>1</sub> 2018	4.4	0	1.1	0	0
Количество отобранных образцов: 2017 г. – 100; 2018 г. – 90							
<b>Новгородская область, 2018 г.</b>							
1	Лабадия	E	0	0	0	0	0
2	Бафана	E	11.7	0	0	0	0
3	Эльмундо	E	0	0	0	0	0
4	Синеглазка	мкл	0	0	0	0	0
5	Аврора	мкл	0	0	0	0	0
6	Импала	мкл	0	0	0	0	0
Количество отобранных образцов – 60							
<b>Вологодская область, 2018 г.</b>							
1	Ред Скарлетт	Мини клубни	0	0	0	0	1.1
		ППП	0	0	0	1.1	0
2	Бриз	Мини клубни	0	0	0	0	0
		SSE	0	0	0	0	0
3	Импала	SSE	0.5	0	0	0	0
4	Вега	SE	0	0	0	0	0
5	Крепыш	SE	1.1	0	0	0	0
6	Нандина	SE	0	0	0	0	0
7	Коломбо	E	0	0	0	0	0
Количество отобранных образцов – 180							



Рисунок 1. Симптомы проявления штаммов YBK на *Nicotiana tabacum* v. Samsun 959: а- некроз по жилкам(Y<sup>n</sup>); б- пестрица(Y<sup>o</sup>).

Таблица 2. Наличие бактериальной инфекции в корнях картофеля в Вологодской области, выявленных иммунохроматографическим экспресс-методом, 2018 г.

Сорт	Репродукция	Виды бактерий		
		кольцевая гниль <i>Clavibacter michiganensis subsp. sepedonicus</i>	черная ножка <i>Dickeya dianthicola</i>	черная ножка <i>Pectobacterium atrosepticum</i>
Вега	SE	+	+	–
Ред Скарлетт	ППП	+	+	–
Крепыш	SE	+	+	–
Импала	SSE	+	–	–

*anthicola*, *Pectobacterium atrosepticum* и *Clavibacter michiganensis* для оригинальных и элитных семян установлен нулевой допуск, для репродукционных посадок допускается не более 1% [Анисимов, 2018]. Выявление этих возбудителей на семенном картофеле в зоне свидетельствует о необходимости усиления контроля семенных посадок не только в отношении вирусной, но и бактериальной инфекции.

Таким образом, в результате фитосанитарного мониторинга посадок картофеля сортов зарубежной селекции, наиболее распространенных в хозяйствах Псковской,

Новгородской и Вологодской областях РФ, с использованием метода ИФА установлено преобладающее поражение растений Y- вирусом картофеля (Y<sup>0</sup>, Y<sup>n</sup>) на посадках всех категорий в количестве, превышающем нормы допуска современного стандарта, принятого в 2018 г. [Анисимов, 2018]. Отмечено также очаговое распространение MBK и SBK как в смешанной, так и одинарной инфекции. Материал *in vitro* отечественных сортов Синеглазка и Аврора, а также голландского сорта Имвала в Новгородской области был свободен от вирусной инфекции.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-16-04079).

**Библиографический список (References)**

Анисимов Б.В. Совершенствование нормативной базы в сфере производства, контроля качества и сертификации семенного картофеля / Анисимов Б.В., Зебрин С.Н. // Защита картофеля, 2018. N 1. С. 6–10.  
 Анисимов Б.В. Фитопатогенные вирусы и их контроль в семеноводстве картофеля / Анисимов Б.В. // (Практическое руководство). М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. 80 с.  
 Игнатов А.Н. Бактериозы картофеля в Российской Федерации / Игнатов А.Н., Паньчева Ю.С., Воронина М.В. и др. // Картофель и овощи. 2018. N 1. С. 3–7.  
 Лебенштейн Г. Вирусные и вирусоподобные болезни и семеноводство картофеля / Г. Лебенштейн, Ф.Х. Бергер, А.А. Брант, Р.Х. Лоусон // Санкт-Петербург. Пушкин. ВИЗР. 2000. 275 с.  
 Молдован М.Я. Вирусные болезни табака и меры борьбы с ними / Молдован М.Я. // Кишинев: Штиинца, 1979. 228 с.  
 Сухорученко Г.И. Система интегрированной защиты посадок продовольственного картофеля от комплекса вредных организмов в Северо-За-

падном регионе Российской Федерации / Сухорученко Г.И., Волгарев С.А., Иванова Г.П. и др. // СПб., ВИЗР, 2016. 64 с.  
 Усков А.И. Изучение штаммового состава Y-вируса картофеля из различных регионов Российской Федерации и Беларуси / Усков А.И., Варичев Ю.А., Бирюкова В.А. и др. // Земледелие, 2016. N 8. С. 36–38.  
 Фоминых Т.С. Диагностика вирусных, виroidных и фитоплазменных болезней овощных культур и картофеля / Т.С. Фоминых, Д.З. Богоутдинов // СПб. Пушкин. 2017. С. 44–59.  
 Фоминых Т.С. Мониторинг вирусных болезней картофеля в Астраханской и Псковской областях / Фоминых Т.С., Иванова Г.П., Медведева К.Д. // Вестник защиты растений, 2017. N 4(94). С. 29–34.  
 Toth, I.K. Dickeya species: an emerging problem for potato production in Europe / I.K. Toth [et al.] // Plant Pathol. 2011. Vol.60, N 3. P. 385–399. doi:10.1111/j.1365-3059.2011.02427.x.  
 Электронный ресурс <http://mcx.ru> (дата обращения 13.08.2018).  
 Электронный ресурс <http://www.welikepotato.ru> (дата обращения 13.08.2018).

**Translation of Russian References**

Anisimov B.V. Perfection of the regulatory framework in the sphere of production, quality control and certification of seed potatoes. *Zaschita kartofelya*. 2018. N 1. P. 6–10 (In Russian).  
 Anisimov B.V. Plant pathogenic viruses and their control in the system of seed production (Practical manual). Moscow: Rosinformagrotech. 2004. 80 p. (In Russian).  
 Fominykh T.S., Bogoutdinov D.Z. Diagnostics of viral, viroid and phytoplasma diseases of vegetable crops and potatoes. St. Petersburg. VIZR. 2017. P. 44–59 (In Russian).  
 Fominykh T.S., Ivanova G.P., Medvedeva K.D. Monitoring of viral diseases of potatoes in the Astrakhan and Pskov regions. *Vestnik zachcity rasteniy*. 2017. N 4 (94). P. 29–34 (In Russian).

Ignatov A.N. Bacteriosis of potato in the Russian Federation. *Kartofel i ovoschi*. 2018. N 1. P. 3–7 (In Russian).  
 Lebenshtein G., Berger F.H., Brant A.A., Louson R.H. Virus and virus-like diseases and seed potatoes. St. Petersburg. VIZR. 2000. 275 p. (In Russian)  
 Moldovan M.Y. Viral diseases of tobacco and measures to combat them. Kishinev. Stiinta. 1979. 228 p. (In Russian).  
 Sukhoruchenko G.I., Ivanova G.P., Volgarev S.A. et al. The integrated defense system of reproduction of seed potatoes from the complex of pests in Northwest region Russian Federation. St. Petersburg. VIZR. 2016. 64 p. (In Russian).  
 Uskov A.I. The study of strain of the Y virus of potato from different regions of the Russian Federation and Belarus / A. I. Uskov, Varices J. A., Biryukov V.A., et al. *Zemledelie*. 2016. N 8. P. 36–38 (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 4(98), p. 40–44

**VIRUS DISEASES OF POTATOES IN THE NORTH-WEST OF RUSSIA**

Fominykh T.S., Medvedeva, K.D.

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

Potato is one of the most affected crops. It is often damaged by diseases caused by fungi, phytoplasmas, bacteria and nematodes, including quarantine objects. A complex of viruses are among the most dangerous pathogens. More than 37 species can infect potatoes under natural conditions. The article presents the results of monitoring seed potatoes fields to identify and clarify the species composition of viral infections in the period of 2017–2018 in the North-West region of Russia: Novgorod, Pskov, Vologda regions. On the basis of laboratory testing by ELISA, IHA for the rapid determination of Y-, S-, M-, A-X-viruses

of potatoes and leaf curl viruses were analyzed 430 samples (leaf test). The prevailing damage of plants by Y-potato virus (Y0, Yn) on the plantings of all categories was observed. As for concomitant diseases, an increase in the occurrence of bacteriosis was noted, namely ring rot caused by *Clavibacter michiganensis subsp. sepedonicus* and blackleg caused by *Dickeya dianthicola*.

**Keywords:** potato, seed planting, infection, immunochromatographic kit, rapid detection, virus, bacteriosis, ELISA.

Received: 21.08.2018

Accepted: 20.11.2018

#### Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация  
\*Фоминых Татьяна Сергеевна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: fomyuh.tatjana@yandex.ru  
Медведева Ксения Дмитриевна. Лаборант-исследователь, e-mail: medved-ksu@rambler.ru

#### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation  
\*Fomyukh Tatyana Sergeevna. Senior Researcher, PhD in Biology, e-mail: fomyuh.tatjana@yandex.ru  
Medvedeva Kseniya Dmitriyevna. Laboratorian Researcher, e-mail: medved-ksu@rambler.ru

\* Ответственный за переписку

\* Corresponding author

УДК 633.11:632.485.2(470.44)

DOI: 10.31993/2308-6459-2018-4(98)-44-49

## СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ *Puccinia triticina* ERIKSS. НА ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Э.А. Конькова

НИИСХ Юго-Востока, Саратов

Проведен анализ структуры образцов саратовских популяций возбудителя бурой ржавчины пшеницы по признакам вирулентности в течение 2013–2017 гг. Инфекционный материал собран с районированных и перспективных сортов озимой и яровой мягкой пшеницы, изучаемых в НИИСХ Юго-Востока, в разной степени пораженных бурой ржавчиной: от умеренной (10–20%) до высокой (70–90%). Анализ вирулентности проводили с использованием серии почти изогенных линий сорта *Thatcher*; с 52 *Lr*-генами. Из ежегодно изучаемых образцов популяций патогена выделяли по десять монопустульных изолятов. Установлено, что популяции *P. triticina* в 2013–2017 гг. характеризовались высокой вирулентностью. Число генов вирулентности колебалось от 40 до 44, а авирулентности от 6 до 9. Существенное варьирование по вирулентности отмечено на линиях с генами *Lr9*, *Lr19*, *Lr23*, *Lr24* и *Lr29*. Высокой эффективностью характеризовались гены *Lr41*, *Lr42*, *Lr43+24*, *Lr47*, *Lr53*. Использование этих генов в практической селекции позволит расширить генетическое разнообразие новых сортов и стабилизировать состав популяции патогена. Постоянный мониторинг популяционного состава возбудителя бурой ржавчины по вирулентности позволяет скорректировать стратегию селекции устойчивых сортов и размещения их в регионах возделывания.

**Ключевые слова:** *Puccinia triticina*, популяция, монопустульные изоляты, *Lr*-гены, вирулентность/авирулентность.

Поступила в редакцию: 01.10.2018

Принята к печати: 20.11.2018

#### Введение

Бурая ржавчина – возбудитель *Puccinia triticina* Erikss. (= *P. recondita* Rob. ex Desm f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.) – одно из наиболее распространенных и вредоносных заболеваний пшеницы. Наряду с мягкой пшеницей возбудитель может поражать и другие виды пшеницы: *Triticum aestivum* L., *T. durum* Desf., *T. polonicum* L., *T. cartholicum* Nevski, *T. turgidum* L., *T. timopheevi* Zhuk., *T. dicoccoides* Korn., *T. compactum* Host., *T. spelta* L., *T. vavilovii* L., *T. sphaerococcum* Perc., *T. thaouidar* Reut., *T. macha* Dek. et Men., *T. dicoccum* Schrank, *T. orientale* L., *T. urartu* Thum., а также виды рода эгилопса: *Aegilops cylindrica* Host., *Ae. squarrosa* L., *Ae. biuncialis* (Vis.) K. Richt., *Ae. triuncalis* L., *Ae. crassa* Boiss., пырея, костра, ячменя, волоснеца,

ржи и другие культуры [Андреев, Плотникова, 1989]. *P. triticina* встречается во всех зонах выращивания озимой и яровой пшеницы. Существенный урон производству зерна она наносит в районах Поволжья, Северного Кавказа, Центрально-Черноземном района, где она развивается практически ежегодно, нередко достигая эпифитотийного уровня [Маркелова, 2007; Волкова, Кремнева, 2008; Гуляева, 2016]. Вредоносность ржавчины определяется абиотическими факторами, агрессивностью физиологических рас, а также фазой вегетации растений, в которой проявляется массовое поражение [Чумаков, 1969; Маркелова и др., 2013].

Структура популяции *P. trititina*, как наиболее пластичного патогена, отличается высокой динамичностью. При внедрении в производство нового устойчивого сорта в популяции возбудителя появляются и начинают накапливаться вирулентные к нему патотипы. В основном такие патотипы возникают в результате мутаций, среди которых отбираются высокоадаптивные формы. Это приводит к изменениям генетического состава по генам вирулентности популяции и потере сортами устойчивости к патогену [Иванова, Маркелова, 2011; Иванова, 2013]. По мнению М.Л. Веденеевой [1981, 2000], успех селекции на иммунитет зависит от знания генетического состава популяции патогена по генам вирулентности и на этой основе подбора доноров устойчивости. Таким образом, постоянный мониторинг состава популяции *P. trititina* позволяет контролировать эффективность защиты от патогена уже возделываемыми в регионе коммерческими сортами.

Саратовская область относится к одной из основных зон производства зерна мягкой пшеницы. Инфекция бурой ржавчины в регионе может сохраняться на озимой мягкой пшенице и заноситься из Северного Кавказа, Средней Азии и Западной Европы [Михайлова, 1996]. Кроме того,

Саратовская область находится на границе с большим зерносеющим регионом – республикой Казахстан. Е.И. Gultyaeva с соавторами [2018] в своих исследованиях показывают высокое сходство популяций *P. trititina* в западно-азиатских регионах России и Северном Казахстане, что подтверждает предположение о существовании единой популяции гриба в изученных регионах. Исходя из этого, посева пшеницы Саратовской области могут подвергаться инфицированию самым разнообразным по вирулентности инокулюмом, в связи с чем требуется постоянный контроль как со стороны фитопатологов, так и селекционеров и генетиков.

На протяжении многих лет (с 1970-х годов и по настоящее время) в лаборатории иммунитета растений НИИСХ Юго-Востока ведутся наблюдения за сроками появления и скоростью нарастания эпифитотий бурой ржавчины на посевах озимой и яровой пшеницы, а также изучение структуры популяции патогена [Веденеева, 1981, Веденеева, Маркелова, 2000; Маркелова, 2007; Иванова, 2013; Маркелова, Баукенова, 2016]. Целью настоящего исследования было изучение состава популяции *P. trititina* в Саратовской области по генам вирулентности в 2013–2017 гг.

### Материал и методы

Исследования структуры саратовской популяции *P. trititina* проводили на наборе моногенных *Lr*-линий серии *Thatcher*. Спорный материал собирали с районированных и перспективных сортов яровой мягкой пшеницы (Саратовская 29, Саратовская 68, Саратовская 73, Саратовская 74) и озимой пшеницы (Смуглянка, Губерния, Эльвира) в конце их вегетации при максимальном уровне развития заболевания в полевом питомнике. Изучаемые сорта имели разную степень поражения бурой ржавчиной: от умеренной (10–20%) до высокой (70–90%).

За последние два десятилетия бурая ржавчина достигала эпифитотийного уровня на сортах яровой мягкой пшеницы – Саратовская 42, Саратовская 55, Саратовская 68, на сортах озимой пшеницы – Саратовская 90, Лютеценс 230. Среди возделываемых в Поволжье сортов пшеницы устойчивостью (умеренной устойчивостью) к бурой ржавчине характеризуются сорта яровой мягкой пшеницы – Фаворит, Прохоровка, Л503, Добрыня, сорта озимой пшеницы – Ершовская 10, Смуглянка, Рубин [Маркелова, 2007; Иванова, 2013].

2012 и 2014 годы погодные условия не способствовали сильному поражению патогеном озимой пшеницы, однако наблюдалась сильная эпифитотия бурой ржавчины на яровой мягкой пшенице (поражение достигало 70–80%). 2013 и 2017 гг. отмечены, как наиболее эпифитотийные. Вегетационный период 2015 года характеризовался неблагоприятными условиями для развития бурой ржавчины пшеницы. В 2016 году, несмотря на неоднозначные погодные условия, высокое количество осадков способствовало развитию бурой ржавчины пшеницы и достигало на сортах-стандартах 50%.

Выделение монопустульных изолятов *P. trititina* проводили в условиях искусственного климата (теплица): температура днём 20–22 °С, влажность 70%, продолжительность светового дня 16 часов. Спорный материал отдельных монопустульных изолятов возбудителя размножали на восприимчивом сорте озимой пшеницы Саратовская 90. Подготовленные 10–12-дневные проростки сорта инокулировали слабой суспензией уредоспор. Затем растения опрыскивали водой и накрывали стеклянными сосудами, смоченными водой для создания влажного климата. Сосуды с растениями закрывали плотной светонепроницаемой пленкой на 12–18 часов. Температуру в теплице в период заражения и последующего развития бурой ржавчины поддерживали на уровне 18–20° С. При появлении некротических пятен на листьях растений в каждом сосуде оставляли единичную урединиопустулу, которую изолировали специальным стеклянным изолятором. Всего в анализе вирулентности использовали 10 монопустульных изолятов в год. Тип реакции растений на заражение патогеном определяли по шкале Майнса и Джексона [Mains, Jackson, 1926]. По совокупности реакций набора *Lr*-линий сорта *Thatcher* на соответствующий изолят *P. trititina* определяли состав патотипов в популяции патогена.

Серия почти изогенных линий сорта *Thatcher* используемых для анализа вирулентности популяции *P. trititina* содержала 52 изогенных линий с *Lr*-генами: *Lr 1, Lr 2a, Lr 2b, Lr 2c, Lr 3, Lr 3bg, Lr 3ka, Lr 9, Lr 10, Lr 11, Lr 12, Lr 13, Lr 14a, Lr 14b, Lr 15, Lr 16, Lr 17, Lr 18, Lr 19, Lr 20, Lr 21, Lr 22a, Lr 22b, Lr 23, Lr 24, Lr 25, Lr 26, Lr 28, Lr 29, Lr 30, Lr 32, Lr 33, Lr 34, Lr 35, Lr 36, Lr 37, Lr 38, Lr 40, Lr 41, Lr 42, Lr 43+24, Lr 44, Lr 45, Lr 47, Lr B, Lr W, Lr Erph, Lr Kanred, Lr 51, Lr 53, Lr 57, Lr 67*.

### Результаты

Анализируя данные исследований лаборатории иммунитета НИИСХ Юго-Востока за 2005–2012 года можно сделать вывод о высокой степени вирулентности саратовской популяции *P. trititina* [Маркелова, 2007; Иванова, 2013; Маркелова и др. 2013; Маркелова, Баукенова, 2016].

Наше изучение популяции возбудителя бурой ржавчины, выделенной на посевах пшеницы в Саратовской области, позволило выявить изменения в составе генов вирулентности за период с 2013 по 2017 годы (табл. 1, 2).

Всего по признаку вирулентности охарактеризовано 50 изолятов гриба (по 10 изолятов в год).

В целом популяции *P. trititina* за период 2013–2017 гг. характеризовались как высоковирулентные. Число генов вирулентности варьировало от 40 до 44. При этом число генов авирулентности колебалось от 6 до 9. Различия состава исследуемых популяций *P. trititina* по генам вирулентности/авирулентности заключались в разном типе реакции на гены *Lr9, Lr19, Lr23, Lr24, Lr29*. Эти гены про-

Таблица 1. Гены вирулентности/авирулентности в популяциях *P. triticina*, собранных на посевах пшеницы в Саратовской области в 2013–2017 гг.

Год исследования	Гены вирулентности/авирулентности в популяции <i>P. triticina</i>	Всего генов вирулентности/авирулентности
2013 г.	1, 2a, 2b, 2c, 3, 3bg, 3ka, 10, 11, 12, 13, 14a, 14b, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22a, 22b, 23, 25, 26, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 44, 45, B, W, Erph, Kanred, 51, 57, 67 / 9, 19, 24, 29, 41, 42, 43+24, 47	40/8
2014 г.	1, 2a, 2b, 2c, 3, 3bg, 3ka, 9, 10, 11, 12, 13, 14a, 14b, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22a, 22b, 23, 25, 26, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 44, 45, B, W, Erph, Kanred, 51, 57, 67 / 24, 29, 41, 42, 43+24, 47	42/6
2015 г.	1, 2a, 2b, 2c, 3, 3bg, 3ka, 10, 11, 12, 13, 14a, 14b, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22a, 22b, 23, 24, 25, 26, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 44, 45, B, W, Erph, Kanred, 51, 57, 67 / 9, 19, 29, 41, 42, 43+24, 47, 53	44/8
2016 г.	1, 2a, 2b, 2c, 3, 3bg, 3ka, 10, 11, 12, 13, 14a, 14b, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22a, 22b, 25, 26, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 44, 45, B, W, Erph, Kanred, 51, 57, 67 / 9, 19, 23, 24, 41, 42, 43+24, 47, 53	43/9
2017 г.	1, 2a, 2b, 2c, 3, 3bg, 3ka, 10, 11, 12, 13, 14a, 14b, 15, 16, 17, 18, 21, 22a, 22b, 25, 26, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 44, 45, B, W, Erph, Kanred, 51, 57, 67 / 9, 19, 24, 41, 42, 43+24, 44, 47, 53 20*, 23*	41/9

\* – *Lr*-ген, к которому половина изолятов *P. triticina* авирулентны, другая половина изолятов – вирулентны.

Таблица 2. Частота изолятов, вирулентных к *Lr*-линиям Thatcher, в Саратовской популяции *P. triticina* в 2013–2017 гг.

Линия Thatcher с геном <i>Lr</i>	Частота вирулентных изолятов, %				
	2013	2014	2015	2016	2017
9	0	70	0	0	0
19	0	70	0	0	0
20	70	70	70	80	50
23	100	100	90	0	50
24	0	40	80	20	20
29	30	30	80	100	100
41	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0
43+24	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0
53	0	0	0	0	0
1, 2a, 2b, 2c, 3, 3bg, 3ka, 10, 11, 12, 13, 14a, 14b, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22a, 22b, 25, 26, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 44, 45, B, W, Erph, Kanred, 51, 57, 67	100	100	100	100	100

являли то устойчивый (0), то восприимчивый (3) тип реакции на возбудителя бурой ржавчины.

Анализ эффективности этих генов был исследован с помощью выделенных из популяций *P. triticina* монопустьных изолятов. Так в популяциях возбудителя бурой ржавчины за 2013–2017 гг. эффективность гена *Lr19* была неоднозначной. В популяциях 2013, 2015, 2016, 2017 гг. все изоляты *P. triticina* были авирулентны к *Lr19*. А в популяции 2014 года из 10 изолятов 3 проявили авирулентность и 7 изолятов оказались вирулентными к *Lr19*.

Похожая ситуация сложилась и с геном *Lr9*. Так в популяциях 2013, 2015, 2016, 2017 гг. все изоляты *P. triticina* были авирулентны к *Lr9*. А в популяции патогена 2014 года из 10 изолятов 3 проявили авирулентность и 7 оказались вирулентными к *Lr9*.

Неоднозначный тип реакции (от 0 до 3) оказался у линии с геном *Lr24*. В популяции 2013 года все изоляты проявили авирулентность. В 2014 году 6 изолятов были авирулентны к гену *Lr24*, 4 изолята вирулентны. В 2015 году из 10 изолятов 2 проявили авирулентность, 8 изолятов оказались вирулентными к *Lr24*. В популяции 2016 года ситуация изменилась таким образом, что 8 изолятов были

авирулентны и 2 изолята вирулентны к *Lr24*. В 2017 году, как и в популяции 2016 года 8 из 10 изолятов оказались авирулентны, 2 изолята вирулентны.

Стоит также отметить эффективность гена *Lr29*, которая наблюдалась в 2013–2014 гг. В популяциях *P. triticina* 2013 и 2014 годов 7 изолятов оказались авирулентны, 3 изолята вирулентны. В последующие годы ген *Lr29* утратил свою эффективность. Так, в 2015 году лишь 2 изолята оказались авирулентными, 8 изолятов были вирулентны. В популяциях 2016 и 2017 гг. все изоляты были вирулентны.

Кроме вышеотмеченных *Lr*-генов неоднозначную реакцию при инокуляции монопустьными изолятами патогена в течение 2013–2017 гг. показали гены *Lr20* и *Lr23*. Так, в популяции 2013 года авирулентными на линии *TcLr20* оказались 3 изолята, остальные 7 были вирулентны. В популяциях 2014 и 2015 гг. из 10 изолятов 3 проявили авирулентность, 7 изолятов оказались вирулентными к гену *Lr20*. В 2016 году лишь 2 изолята проявили авирулентность, остальные были вирулентны к гену *Lr20*. В 2017 году половина изолятов были авирулентны, остальные – вирулентны.

Неоднозначную реакцию показала линия *Lr23*. В популяциях 2013 и 2014 годов все изоляты были вирулентными. В 2015 году 9 изолятов были вирулентными, 1 изолят авирулентным. В 2016 все изоляты оказались авирулент-

ными. В 2017 году 5 изолятов оказались авирулентными, остальные 5 изолятов вирулентными.

В целом авирулентными ко всем изолятам *P. triticina* во все годы исследований оказались линии с генами *Lr41*, *Lr42*, *Lr43+24*, *Lr47*, *Lr53*.

### Обсуждение

Изучение динамики структуры популяции возбудителя бурой ржавчины проводится в лаборатории иммунитета НИИСХ Юго-Востока с 70-х годов прошлого века. Эти исследования позволяли и позволяют сейчас выявлять эффективные гены устойчивости растения-хозяина и частоту встречаемости вирулентных клонов к предполагаемому донору устойчивости [Иванова, 2013]. Многолетние, непрерывные исследования дают представление о тенденциях и закономерностях изменений генотипического состава возбудителей болезней по генам вирулентности, как качественно (различный патотипный состав), так и количественно (различные процентные соотношения одних и тех же патотипов).

Как свидетельствуют данные за 80–90-е года 20-го столетия наиболее эффективными для защиты пшеницы от *P. triticina* во всех регионах России, в том числе и в Поволжье, были гены *Lr9*, *Lr19*, *Lr23* и *Lr 24* [Веденеева, 1981; Одинцова, Пешуа, 1984]. Однако еще в 1985 году Маркеловой Т.С. с соавторами в поволжской (саратовской) популяции были выявлены новые клоны вирулентности, ранее отсутствовавшие – *pp23*, *pp19*, *pp24*. Это объясняется тем, что в селекции НИИСХ Юго-Востока чаще стали использоваться данные гены. В 2002–2006 гг. частота встречаемости клона *pp19* в популяции достигла 77.7–85.7%, то есть ген *Lr19* практически потерял эффективность [Маркелова, 2007]. Однако следует отметить, что с 2008 г. частота встречаемости данного клона сначала стабилизировалась, а затем снизилась до 60% [Иванова, Маркелова, 2011]. Неоднозначная картина наблюдалась и в наших исследованиях. Так, из пяти лет изучения все монопустульные изоляты были авирулентными к *TcLr19* в течение четырёх лет и лишь в 2014 г. отмечены вирулентные изоляты. Однако необходимо отметить, что в исследованиях лаборатории генетики и цитологии НИИСХ Юго-Востока, напротив, изоляты патогена оказались вирулентными к *TcLr19* в 2014, 2015, 2017 гг., а в 2013 и 2016 гг. показали смешанный тип реакции (**то есть в одном изоляте были растения с типом реакции от 0;–1 до 3 баллов**). Возможно, это связано с тем, что споровый материал *P. triticina* с сортов с геном *Lr19*, был собран нами в разный температурный период. Известно, что для максимальной вирулентности (или нормальной жизнеспособности) *ppLr19* необходима оптимальная (20–22 °С) температура, а при высокой температуре (30 °С и выше) *ppLr19* либо теряется вирулентность, либо понижается жизнеспособность [Sibikeev S.N. 1996; Sibikeev S.N. et al., 1997.]. Согласно исследованиям Коваленко Е.Д. и др. [2012] вирулентность к гену *Lr19* чаще отмечается в Поволжье, где массово возделываются сорта с этим геном, но может встречаться и в других регионах. В настоящее время для продления «полезного срока жизни» гена *Lr-19* используют его сочетания, например с генами *Lr26* и *Lr37* [Сибикеев и др., 2011].

По ранее полученным данным лаборатории иммунитета НИИСХ Юго-Востока в 2005–2010 гг. в поволжской

(саратовской) популяции *P. triticina* было отмечено увеличение частоты встречаемости клона *pp24*. По мнению Маркеловой Т.С. [2007] появление этого клона в местной популяции не связано со сменой растений-хозяев (сортосмена), а является результатом миграции спор. Нарастание численности клонов *pp24* происходит не вследствие естественного отбора, поскольку в настоящее время в нашей зоне нет сортов с геном устойчивости *Lr24*. В наших исследованиях за период 2013–2017 гг. вирулентность к *Lr24* встречалась во все годы, но процент вирулентности колебался от максимального в 2015 г. – 70% до 10% в 2017 г. на фоне сильной эпифитотии патогена. Эти данные подтверждают гипотезу о заносе (миграции) *pp24* из других зон.

Известно, что в конце прошлого столетия при создании новых сортов широко использовались доноры устойчивости с геном *Lr23*. В Поволжье, также как и в других регионах, создано довольно много сортов с геном устойчивости *Lr23* (Ершовская 32, Олимп, Куйбышевская 1, Смуглянка и др.) и, казалось бы, дальнейшее его использование в селекции бесперспективно. Однако ген *Lr23*, перенесенный в мягкую пшеницу из геномов твердой пшеницы, обеспечивает достаточный уровень умеренной устойчивости этим сортам. Несмотря на поражаемость в фазе проростков и довольно высокую частоту встречаемости клона вирулентности *pp23* в популяции, сильного развития заболевания на них не происходит [Маркелова, 2007]. По данным Одинцовой И.Г., Пешуа Х.О. [1984] и Маркеловой Т.С. [2007] ген *Lr23* представляет сложный локус. Вероятно, он сцеплен с другими генами, обеспечивающими «slow rusting». Наши результаты показали, что в 2013 и 2014 гг. вирулентность к *Lr23* была 100%, в 2015 г. – 90%, в 2016 г. – 0%, а в 2017 г. – 50%. По-видимому, процесс стабилизации патотипов с *pp23* ещё не закончился. Однако в целом, несмотря на высокую частоту встречаемости в популяции *pp23* (до 100%) и широкое использование его в селекции, ген *Lr23* не потерял значения. Так, высока перспективность использования его в комбинациях с другими *Lr*-генами, например с *Lr19* [Сибикеев, 2002].

Многолетнее изучение популяции *P. triticina* с использованием набора *TcLr*- линий показало, что саратовская популяция *P. triticina* характеризуется высокой изменчивостью и возрастанием спектра вирулентности. Об этом свидетельствует анализ поражения сортов с различными идентифицированными генами устойчивости. Внедрение в производство новых сортов мягкой пшеницы, защищенных ранее не использованными *Lr*-генами, и увеличение посевных площадей, занятых генетически однородными сортами, могут привести к мутациям патогена по вирулентности и ускоренному изменению популяционного состава, как это произошло с сортами, защищенными геном *Lr9* [Тюнин и др., 2017]. Результаты исследований свидетельствуют о необходимости постоянного мониторинга популяционного состава возбудителя бурой ржав-

чины по частоте встречаемости генов вирулентности, что позволит грамотно разработать стратегию селекции устойчивых сортов и размещения их в регионах возделывания пшеницы. В настоящее время в Государственном реестре селекционных достижений РФ [2018] для выращивания в Нижневолжском регионе рекомендуются 69 сортов озимой мягкой и 23 сорта яровой мягкой пшеницы. У высокоустойчивых коммерческих в зоне Поволжья сортов яровой мягкой пшеницы Белянка, Воевода, Фаворит, Тулайковская 5, Тулайковская 10, Тулайковская 100, Тулайковская 110, Тулайковская золотистая, созданных с участием пырея промежуточного, не идентифицировано

известных *Lr*-генов, переданных от *Agropyron* sp. (*Lr19*, *Lr24*, *Lr29*). Ген *Lr19* идентифицирован у сортов саратовской селекции Л503, Л505, Добрыня, Тулайковская 108, 110 [Гуляева, 2016]. Однако, несмотря на это количество сортов, достаточного разнообразия по генам устойчивости к бурой ржавчине (исходя из родословных) нет. Для расширения генетического разнообразия по устойчивости к бурой ржавчине в селекцию пшеницы необходимо привлечь новые эффективные доноры устойчивости, а также исходный материал с генами или сочетаниями генов *Lr41*, *Lr42*, *Lr43+24*, *Lr47*, *Lr53*.

### Благодарности

Выражаю благодарность доктору биологических наук Сибикееву С.Н. за ценные советы и рекомендации по оформлению данной статьи, а также доктору сельскохозяйственных наук Маркеловой Т.С. за оказанную помощь при планировании и проведении данного исследования.

### Библиографический список (References)

- Андреев Л. Н. Ржавчина пшеницы: цитология и физиология / Л. Н. Андреев Ю. М. Плотникова. М.: Наука. 1989. С. 3–4; 182–186.
- Веденева М. Л. Расовый состав возбудителя бурой ржавчины пшеницы в Саратовской области / М. Л. Веденева // Пути интенсификации использования земель в Поволжье. Саратов. 1981. С. 82–87.
- Веденева М.Л. Структура популяции бурой ржавчины пшеницы в Поволжье и эффективность селекции на иммунитет / М.Л. Веденева, Т.С. Маркелова // Проблемы и пути преодоления засухи в Поволжье. Саратов. 2000. С. 325–331.
- Волкова Г.В. Структура и изменчивость популяций возбудителей экономически значимых болезней пшеницы и генофонд устойчивости растения хозяина / Г.В. Волкова, О. Ю. Кремнева // Генетические основы селекции. Уфа. 2008. С. 134–141.
- Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Том I. Сорты растений. Москва. 2018. 504 с.
- Гуляева Е.И. Разнообразие российских сортов мягкой пшеницы по генам устойчивости к бурой ржавчине / Современные проблемы иммунитета к вредным организмам. Тезисы докладов IV Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, ВИЗР, 2016. С. 24.
- Иванова О.В. Источники устойчивости яровой пшеницы к бурой ржавчине и изменчивость структуры популяции возбудителя в условиях Нижнего Поволжья / автореф. ... канд. дис. / О.В. Иванова. Саратов. 2013. 24 с.
- Иванова О.В. Динамика структуры популяции *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, *Rob. et Desm.* в Поволжье / О.В. Иванова, Т.С. Маркелова // Защита и карантин растений. 2011. N 9. С. 20–21.
- Коваленко Е.Д. Современное состояние популяций возбудителя бурой ржавчины и создание генбанка источников и доноров устойчивости пшеницы / Е.Д. Коваленко, А.И. Жемчужина, М.И. Киселева, Т.М. Коломиец, И.Ф. Лапочкина, Ж.Н. Худокормова, Х. Боккельман // Иммуногенетическая защита сельскохозяйственных культур от болезней: теория и практика: материалы Международной научно-практической конференции, посвящая 125-летию со дня рождения Н.И. Вавилова. Большие Вяземы. 2012. С. 69–80.
- Маркелова Т.С. Изучение структуры и изменчивости популяции бурой ржавчины пшеницы (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, *Rob. et Desm.*) в Поволжье / Т.С. Маркелова // Агро XXI. 2007. N 4–6. С. 37–40.
- Маркелова Т.С. Биологические особенности бурой ржавчины пшеницы / Т.С. Маркелова, О.В. Иванова, Е.А. Нарышкина, Э.А. Баукунова // Проблемы микологии и фитопатологии в XXI веке: материалы Международной научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения члена-корреспондента АН СССР, профессора Артура Артуровича Ячевского. 2013. С. 177–179.
- Маркелова Т.С. Иммунологические исследования популяции бурой ржавчины пшеницы (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, *Rob. et Desm.*) в Поволжье / Т.С. Маркелова, Э.А. Баукунова // Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам. Тезисы докладов IV Международной научно-практической конференции. 2016. С. 108.
- Михайлова Л.А. Закономерности изменчивости популяций возбудителя бурой ржавчины и генетический контроль устойчивости пшеницы к болезни / автореф. ... докт. дисс. / Л.А. Михайлова. Санкт-Петербург. 1996. 63 с.
- Одинцова И. Г. О сложности локуса *Lr23*, контролирующего устойчивость пшеницы к бурой ржавчине / И. Г. Одинцова, Х. О. Пешуа // Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. 1984. Т. 85. С. 13–19.
- Сибикеев С.Н. Чужеродные гены в селекции яровой мягкой пшеницы на устойчивость к листовой ржавчине // dissertaciya ... dokt. biolog. nauk / S.N. Sibikeev. Saratov. 2002. 200 s.
- Сибикеев С.Н. Оценка набора интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы селекции НИИСХ Юго-Востока на устойчивость к расе стеблевой ржавчины UG99+SR24 (ТТКСТ) / С.Н. Сибикеев, Т.С. Маркелова, А.Е. Дружин, М.Л. Веденева, D. Sing. // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2011. N 2. С. 3–5.
- Тюнин В.А. Характеристика вирулентности популяций *Puccinia triticina* и перспективы использования генов *Lr24*, *Lr25*, *LrSp* в селекции яровой мягкой пшеницы на Южном Урале/ В.А. Тюнин, Е.Р. Шрейдер, Е.И. Гуляева, Е.Л. Шайдаюк // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. N21(5). С. 523–529.
- Чумаков А. Е. Ржавчина пшеницы и борьба с ней / А. Е. Чумаков. М.: Колос. 1969. 9 с.
- Gulyaeva E.I. Population structure of leaf pathogens of common spring wheat in the West Asian regions of Russia and North Kazakhstan in 2017/ E.I.Gulyaeva, N.M. Kovalenko, V.P. Shamanin, V.A. Tyunin, E.R. Shreyder, E.L. Shaydayuk, A.I. Morgunov // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. 22(3). С. 363–369.
- Mains E. B. Physiological specialization in leaf rust of wheat, *Puccinia triticina* Erikss / E. B. Mains, H.S. Jakson // Phytopathology. 1926. Vol.16. P. 89–120.
- Sibikeev S.N. The expression of *Lr*- genes combinations effective against race pp19 of *Puccinia recondita* and their relation to temperature // Annual Wheat Newsletter/ Kansas State University (USA). 1996. V.42. P. 179.
- Sibikeev S.N., Voronina S.A., Sibikeeva Yu.E. Field and laboratory analysis of leaf rust population of bread wheat in 1996 // Annual Wheat Newsletter/ Kansas State University (USA). 1997. V.43. P. 191.

### Translation of Russian References

- Andreev L. Wheat Rust: Cytology and physiology. H., Andreev, Y. M. Plotnikova.// Moscow: Nauka, 1989. P. 3–4; 182–186. (In Russian).
- Chumakov A.E. Wheat rust and its control / Chumakov A. E. Moscow: Kolos. 1969. 9 p. (In Russian).
- Gulyaeva E.I. Diversity of Russian soft wheat varieties by genes of resistance to brown rust / Gul'tyaeva E.I / Sovremennye problemy immuniteta k vrednym organizmam. Tezisy dokladov IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Saint-Petersburg, VIZR, 2016. P. 24. (In Russian).
- Ivanova O.V. Dynamics of population structure of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, *Rob. et Desm.* in the Volga region / O. V. Ivanova, T.S. Markelova // Zashchita i karantin rastenij. 2011. N 9. P. 20–21.
- Ivanova O.V. Sources of spring wheat resistance to brown rust and variability of the pathogen population structure in the conditions of the Lower



- Volga region / Avtoref. ... kand. dis. / O.V. Ivanova. Saratov. 2013. 24 p. (In Russian).
- Kovalenko E.D. The present state of populations of the leaf rust pathogen and the establishment of a gene Bank for sources and donors of wheat resistance / E. D. Kovalenko, A. I. Zhemchuzhina, M. I. Kiseleva and T. M. Kolomiets, I. F. Lapochkina, J.N. Khudokormov, H. Bockelman // Immunogeneticheskaya zashchita sel'skokozyajstvennyh kul'tur ot boleznj: teoriya i praktika: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashch. 125-letiyu so dnya rozhdeniya N.I. Vavilova. Bol'shie Vyazemy. 2012. P. 69–80. (In Russian).
- Markelova T.S. Biological features of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, Rob. et Desm. / T.S. Markelova, O.V. Ivanova, E.A. Naryshkina, Baukenova E.A. // Problemy mikologii i fitopatologii v XXI veke: materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvyashchennoj 150-letiyu so dnya rozhdeniya chlena-korrespondenta AN SSSR, professora Artura Arturovicha Yachevskogo. 2013. P. 177–179. (In Russian).
- Markelova T.S. Studying structure and variability of population of *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, Rob. et Desm. in the Volga region / T. S. Markelova // Agro XXI. 2007. N 4–6. P. 37–40. (In Russian).
- Markelova T.S., Baukenova E. A. Immunological studies of wheat brown rust population (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, Rob. et Desm.) in the Volga region // Sovremennye problemy immuniteta rastenij k vrednym organizmam. Tezisy dokladov IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2016. P. 108. (In Russian).
- Mikhailova L.A. Regularities of variability of brown rust pathogen populations and genetic control of wheat resistance to disease / Avtoref. ... dokt. dis. Saint-Petersburg. 1996. 63 s. (In Russian).
- Odintsova I. G. On the complexity of Lr23 locus controlling the resistance of wheat to brown rust / Odintsova, I. G., H. O., Peshwa // Tr. po prikl. botanike, genetike i selekcii. 1984. T. 85. P. 13–19. (In Russian).
- Sibikeev S.N. Foreign genes in breeding spring bread wheat for resistance to leaf rust // Diss. ... dokt. biolog. nauk / S.N. Sibikeev. Saratov. 2002. 200 p.
- Sibikeev S.N. The evaluation of a set introgressive lines of spring soft wheat breeding, agricultural research Institute of the South-East for resistance to stem rust race UG99+SR24 (TTKST) / S. N. Kabikeev, T. S. Markelova, A. E. Druzhin, L. M. Vedeneeva, D. Sing. // Doklady Rossijskoj akademii sel'skokozyajstvennyh nauk. 2011. N 2. P. 3–5.
- State register of breeding achievements admitted to use. Volume I. Plant Varieties. Moscow. 2018. 504 s. (In Russian).
- Tyunin V.A. Characteristics of virulence in the populations of *Puccinia triticina* and prospects for the use of genes Lr24, Lr25, LrSp in the selection of spring soft wheat in the southern Urals / V.A. Tyunin, E.R. SHrejder, E.I. Gul'tyaeva, E.L. Shajdayuk // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2017. N 21(5). P. 523–529. (In Russian).
- Vedeneeva M.L. Racial composition of the causative agent of brown rust of wheat in the Saratov region / M. L. Vedeneeva // Puti intensivatsii ispol'zovaniya zemel' v Povolzh'e. Saratov. 1981. P. 82–87. (In Russian).
- Vedeneeva M.L. Structure of the population of brown rust of wheat in the Volga region and the efficiency of selection for immunity / M. L. Vedeneeva, T. S. Markelova // Problemy i puti preodoleniya zasuhi v Povolzh'e. Saratov. 2000. P. 325–331. (In Russian).
- Volkova G.V. Structure and variability of populations of the causative agents of economically important diseases of wheat gene pool of plant resistance host / G. V. Volkova, O. Kremneva // Geneticheskie osnovy selekcii. Ufa. 2008. P. 134–141. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 4(98), p. 44–49

## PUCCINIA TRITICINA POPULATION STRUCTURE ON WINTER AND SPRING WHEAT IN SARATOV REGION DURING 2013–2017

E.A. Konkova

*Agricultural Research Institute for South-East Regions of Russia, Saratov, Russia*

The analysis of the *Puccinia triticina* Ericks Saratov population's structure on the wheat for virulence genes during 2013–2017 is provided. Infectious material has been collected from winter and spring bread wheat cultivars and lines of ARISER bred. These cultivars and lines have varying degrees of pathogen severity: from moderate (10–20%) to high (70–90%). The studies of virulence genes in the *P. triticina* population were performed on the cultivar Thatcher set of near isogenic lines (NIR), which contained 52 lines with identified *Lr*-genes. Ten monopustules isolates were isolated from pathogen populations. The composition of the pathogen populations for virulence genes was determined by its infection type on NIRs. It is established that *P. triticina* populations in 2013–2017 was characterized as highly virulent. The number of virulence genes ranged from 40 to 44, but the number of resistant genes varied from 6 to 9. The main differences in the population compositions were in the different types of reactions to *Lr9*, *Lr19*, *Lr23*, *Lr24*, *Lr29* genes. These genes showed resistance, then susceptible type of reaction to *P. triticina*. During 2013–2017, the high efficiency of *Lr41*, *Lr42*, *Lr43+24*, *Lr47*, *Lr53* genes was observed. The use of these genes in breeding will expand the genetic diversity of new cultivars and stabilize the pathogen population composition. These data indicate the need for continuous monitoring of the *P. triticina* population composition for the virulence genes frequency, which will allow to develop a strategy of resistant cultivars breeding and spread them in the wheat cultivation regions.

**Keywords:** *Puccinia triticina*, population, monopustules, isolates, *Lr*-genes, virulence, avirulence.

Received: 01.10.2018

Accepted: 20.11.2018

### Сведения об авторе

ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока»,  
г. Саратов, ул. Тулайкова, д. 7, 410010, Российская Федерация  
\*Конькова Эльмира Александровна. Старший научный сотрудник,  
кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: Baukenowaea@mail.ru

### Information about the author

Agricultural Research Institute for South-East Regions of Russia  
410010 Saratov, Tulaikov St., 7, Russian Federation  
\*Konkova Elmira Alexandrovna. Senior researcher, PhD in Agriculture,  
e-mail: Baukenowaea@mail.ru

## СТРУКТУРА ВИДОВОГО СОСТАВА СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В ПОСЕВАХ КУКУРУЗЫ СТЕПНОЙ ЗОНЫ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Е.Н. Мысник, Т.Ю. Закота

*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Кукуруза – одна из основных сельскохозяйственных культур, выращиваемая в разных странах мира. Целью данного исследования является анализ видового состава сорных растений в посевах кукурузы на территории степной зоны возделывания Краснодарского края. Систематизированы и обработаны данные мониторинга посевов 2012–2017 гг. Осуществлены флористический анализ видового состава, расчет встречаемости видов и оценка ее постоянства. Выявлено 89 видов из 74 родов и 22 семейств. Показана неравномерность распределения видов по семействам. Выделена группа из 14 доминирующих видов сорных растений. Эти виды являются наиболее постоянным компонентом засоренности посевов кукурузы. Выделена группа из 7 сопутствующих видов сорных растений. Эти виды являются дополняющим компонентом засоренности. Именно на виды этих групп следует ориентироваться при предварительном подборе химических средств защиты от сорных растений.

**Ключевые слова:** сорные растения, кукуруза, видовой состав, структура, встречаемость, доминирующие виды, сопутствующие виды.

Поступила в редакцию: 04.07.2018

Принята к печати: 20.11.2018

Кукуруза – одна из основных сельскохозяйственных культур, выращиваемая в разных странах мира, в том числе и в Российской Федерации. Кукуруза используется как сырье для масложировой, консервной, крупяной отраслей промышленности, в качестве кормовой культуры. За период с 2010 г. по 2017 г. площади, отведенные под посевы кукурузы на зерно, в России выросли в 2 раза (до 3.8% от общей посевной площади). На территории Южного федерального округа в 2017 г. кукурузой было засеяно 1154.9

тыс. га; основной массив посевов данной культуры (764.5 тыс. га) сосредоточен в Краснодарском крае [Посевные площади ... , 2018]. Знание видового состава сорных растений в посевах кукурузы необходимо для рационального применения химических средств защиты. Следовательно, целью данного исследования является анализ видового состава сорных растений в посевах кукурузы степной зоны возделывания Краснодарского края.

### Материалы и методы

Объектом исследования является видовой состав сорных растений в посевах кукурузы на территории степной зоны возделывания Краснодарского края (Славянский, Каневской, Красноармейский районы, городской округ Краснодар). Материалы получены в результате мониторинга посевов кукурузы (49 полей) на территории изучаемого региона в период с 2012 по 2017 г. Мониторинг осуществлен согласно методике геоботанического обследования полей [Лунева, 2009] сотрудниками сектора гербологии ВИЗР и Славянской опытной станции защиты растений. Так как целью данной работы является анализ видового состава сорных растений в посевах кукурузы, то обследование проводилось в тот момент, когда виды наиболее полно представлены на поле (в фазы массового цветения и начала плодоношения сор-

ных растений) [Расиньш, Тауриня, 1972]. Материалы полевых обследований систематизированы в базе данных «Сорные растения степной зоны возделывания Краснодарского края и борьба с ними» [Лунева и др., 2017] и подготовлены к анализу при помощи программы «Герболог-Инфо» [Свидетельство ... , 2016]. Структура видового состава сорных растений в посевах кукурузы установлена методом флористического анализа [Толмачев, 1986]. Осуществлен расчет встречаемости видов и оценка ее постоянства по методике Казанцевой [Казанцева, 1971]. Названия семейств и видов сорных растений приведены в соответствии с современной ботанической номенклатурой [Лунева, Мысник, 2017; Маевский, 2014].

### Результаты исследований и их обсуждение

В результате анализа многолетних данных мониторинга посевов кукурузы на территории степной зоны возделывания Краснодарского края (Славянский, Каневской, Красноармейский районы, городской округ Краснодар) выявлено 89 видов сорных растений из 74 родов, входящих в 22 семейства (табл. 1).

Для флористического спектра сорных растений в посевах кукурузы характерна ярко выраженная неравномерность в распределении видов и родов по семействам. Первую позицию по числу видов и родов занимают семейства Сложноцветные и Злаки; их численность в 3.5 раза превышает численность следующего за ними семейства Крестоцветные. Третью позицию по числу видов делят семейства Гречиховые, Бобовые и Норичниковые. Эти 6 семейств образуют группу ведущих и включают в себя 67.42% от всех зарегистрированных при обследованиях

видов сорных растений. При этом, среди семейств, в состав которых входят зарегистрированные виды сорных растений, велика доля маловидовых (1–2 вида) – 54.55%. По количеству родов первые позиции также занимают семейства Сложноцветные и Злаки; их численность в 3 раза превышает численность следующего за ними семейства Крестоцветные (табл. 1).

Представленность видов сорных растений в посевах кукурузы неодинакова. Осуществлена оценка встречаемости видов сорных растений в посевах кукурузы по классам постоянства, которая наглядно демонстрирует неравнозначность их присутствия на полях. На основе результатов оценки были выделены группы доминирующих (III – V классы постоянства встречаемости) и сопутствующих видов сорных растений (II класс постоянства встречаемости).

Таблица 1. Структура видового состава сорных растений в посевах кукурузы степной зоны Краснодарского края (2012–2017 гг.)

Латинское название семейства	Русское название семейства	Количество видов	Количество родов
<i>Compositae</i> Giseke	Сложноцветные	21	18
<i>Gramineae</i> Juss.	Злаки	21	17
<i>Cruciferae</i> Juss.	Крестоцветные	6	6
<i>Polygonaceae</i> Juss.	Гречиховые	4	4
<i>Leguminosae</i> Juss.	Бобовые	4	3
<i>Scrophulariaceae</i> Juss. s. l. (incl. <i>Orobanchaceae</i> Vent.)	Норичниковые	4	2
<i>Solanaceae</i> Juss.	Пасленовые	3	3
<i>Chenopodiaceae</i> Vent.	Маревые	3	2
<i>Euphorbiaceae</i> Juss.	Молочайные	3	1
<i>Rubiaceae</i> Juss.	Мареновые	3	1
<i>Amaranthaceae</i> Juss.	Амарантовые	2	2
<i>Umbelliferae</i> Juss.	Зонтичные	2	2
<i>Boraginaceae</i> Juss. (incl. <i>Hydrophyllaceae</i> R. Br.)	Бурачниковые	2	2
<i>Malvaceae</i> Juss.	Мальвовые	2	2
<i>Rosaceae</i> Adans.	Розоцветные	2	2
<i>Caryophyllaceae</i> Juss.	Гвоздичные	1	1
<i>Convolvulaceae</i> Juss.	Вьюнковые	1	1
<i>Cuscutaceae</i> Dumort.	Повиликовые	1	1
<i>Equisetaceae</i> Michx. ex DC.	Хвощовые	1	1
<i>Plantaginaceae</i> Juss.	Подорожниковые	1	1
<i>Portulacaceae</i> Juss.	Портулаковые	1	1
<i>Ranunculaceae</i> Juss.	Лютиковые	1	1

Группа доминирующих образована 14 видами сорных растений. Из них по показателям встречаемости к V классу постоянства (81–100%) относятся 2 вида: ежовник обыкновенный (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.) – 89.80%, вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.) – 81.63%.

Шесть видов по показателям встречаемости относятся к IV классу постоянства (61–80%): амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.) – 73.47%, щирица жминдовидная (*Amaranthus blitoides* S. Watson) – 71.43%, бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* (Willd.) Bess.) – 67.35%, марь белая (*Chenopodium album* L.) – 63.27%, канатник Теофраста (*Abutilon theophrasti* Medik.) – 63.27%, горец птичий (*Polygonum aviculare* L. s. str.) – 61.22%.

Еще шесть видов по показателям встречаемости относятся к III классу постоянства (41–60%): щетинник сизый (*Setaria pumila* (Poir.) Roem. et Schult.) – 57.14%, щирица назадзапрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.) – 46.94%, дурнишник обыкновенный (*Xanthium strumarium* L.) – 46.94%, белена черная (*Hyoscyamus niger* L.) – 44.90%, плевел многоцветковый (*Lolium multiflorum* Lam.) – 42.86%, фаллопия вьюнковая (*Fallopia convolvulus* (L.) A. Löve) – 42.86%.

Группа сопутствующих образована 7 видами сорных растений, относящихся по показателям встречаемости ко II классу постоянства: пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski) – 40.82%, горец почечуйный (*Persicaria maculata* (Rafin.) S. F. Gray) – 38.78%, подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.) – 30.61%, латук татарский (*Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey.) – 24.49%, повелика полевая (*Cuscuta campestris* Yuncker) – 24.49%, цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.) – 22.45%, овес пустой (*Avena fatua* L. s. l.) – 22.45%. При этом значение показателя встречаемости пырея ползучего близко к пороговому значению для вхождения в группу доминирующих, что требует дополнительного внимания к данному виду при мониторинге.

Основная часть зарегистрированных в посевах кукурузы видов сорных растений (76.40%) по показателям встречаемости (2.04–20.41%) относятся к первому классу постоянства. Из них 52.34% видов были зарегистрированы 1–2 раза за изучаемый временной период, и соответственно, являются наименее постоянным компонентом агрофитоценозов кукурузы. В состав данной группы входят виды сорных растений, встречаемость которых к югу снижается из-за уменьшения количества влаги (льнянка обыкновенная (*Linaria vulgaris* Mill.), сурепка обыкновенная (*Barbarea arcuata* (Opiz ex J. et C. Presl) Reichb); виды, случайно попавшие на поле из ближайших естественных сообществ (вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., ежевика (*Rubus caesius* L.)).

Два вида сорных растений по показателям встречаемости (20.41%) близки к пороговому значению для входа в группу сопутствующих: мелкопестник канадский (*Erigeron canadensis* L.), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L.), поэтому при проведении мониторинга полей нужно обращать внимание на представленность данных видов в посевах культуры.

На следующем этапе мы сравнили вклад групп – доминирующих однолетних, доминирующих многолетних и сопутствующих видов сорных растений – в засорение посевов кукурузы в условиях разных гербицидных обработок, применяемых в отдельных хозяйствах Славянского района. Для этого вычислены средние значения показателей ЧИ (частного индекса) сорных растений (в баллах) и суммированы для каждой из указанных групп (табл. 2).

В целом, в агрофитоценозах кукурузы во всех хозяйствах преобладали однолетние сорные растения. Минимальный уровень засоренности посевов кукурузы как однолетними, так и многолетними видами сорных растений отмечен при использовании комбинированного гербицида Базис, СТС, содержащего в своем составе два

Таблица 2. Соотношение показателей засоренности посевов кукурузы при использовании различных гербицидов (2012–2017 гг.)

Хозяйство	Руднев	Аспект	Учеб. хоз-во с.-х. техникума	Славянский консервный завод
Гербицид	без гербицидов	Базис, СТС	Банвел, ВР	Милагро, КС
Действующее вещество	–	римсульфурон, 500 + тифенсульфурон-метил, 250 г/кг	480 г/л дикамбы к-ты	никоссульфурон, 40 г/л
Норма внесения (л/га, кг/га)	–	0.02	0.4	1
Время обработки	–	фаза 2–5 листьев культур	фаза 2–5 листьев культур	фаза 3–6 листьев культуры
Доминирующие однолетние сорные растения	13.8	8.5	10	11.8
Доминирующие многолетние сорные растения	13.7	8	8.4	10.6
Сопутствующие сорные растения	3	1.7	2	2.3
ИИ общий	30.5	18.2	20.4	24.7

действующих вещества в отличие от гербицидов Банвел, ВР и Милагро, КС. Наиболее чувствительными к данному препарату оказались однолетние злаковые сорные растения, в первую очередь – ежовник обыкновенный, а также двудольные виды – щирица назадзапрокинутая, горец почечуйный, марь белая. В то же время самые высокие показатели засоренности посевов кукурузы зарегистрированы на полях без химических обработок.

Таким образом, сорный компонент в посевах кукурузы на территории степной зоны возделывания Краснодарского края представлен 89 видами, входящими в 74 рода и 22 семейства. Виды распределены по семействам неравномерно, в состав 6 ведущих семейств входят 67.42% зарегистрированных видов. Численность семейств Сложноцветные и Злаки в 3.5 раза и более превышает численность остальных семейств.

Виды неравнозначны по своей представленности в агрофитоценозах культуры, а, следовательно, и по своей потенциальной возможности оказать влияние на состояние посевов. Наиболее постоянным компонентом

засоренности посевов кукурузы являются 14 видов сорных растений, которые по показателям встречаемости (42.86–89.80%) составляют группу доминирующих видов. Наиболее высокую встречаемость из них имеют ежовник обыкновенный и вьюнок полевой. Встречаемость амброзии полыннолистной (объект внутреннего карантина) достигает 73.47%. Вероятность присутствия на полях видов группы сопутствующих 7 видов сорных растений (встречаемость 22.45–40.82%) несколько ниже, они являются дополняющим компонентом засоренности посевов кукурузы. Именно на виды этих групп следует ориентироваться при предварительном подборе химических средств защиты от сорных растений, состав и сроки применения которых уточняются по данным оперативного мониторинга полей. Также при мониторинге следует обращать особое внимание на виды с пороговыми значениями встречаемости для вхождения в группы доминирующих и сопутствующих (пырей ползучий, мелколепестник канадский, лисохвост луговой), так как их встречаемость в посевах может увеличиться.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и администрации Краснодарского края в рамках гранта № 16-44-230125 р\_юг\_а.

#### Библиографический список (References)

- Казанцева А.С. Основные агрофитоценозы предкамских районов ТАССР // Вопросы агрофитоценологии. Казань, 1971. С. 10–74.
- Лулева Н.Н. Технологические методы учета и мониторинга сорных растений в агроэкосистемах // Высокопроизводительные и высокоточные технологии и методы фитосанитарного мониторинга. СПб.: ВИЗР, 2009. С. 39–56.
- Лулева Н.Н., Лебедева Е.Г., Мысник Е.Н., Белоусова Е.Н. Компьютерные технологии в гербологических исследованиях // Защита и карантин растений. 2017. N7. С. 18–20.
- Лулева Н.Н., Мысник Е.Н. Современная ботаническая номенклатура видов сорных растений Российской Федерации. Под редакцией И.Я. Гричанова. Санкт-Петербург: ВИЗР, 2018. 80 с. (Приложения к журналу «Вестник защиты растений», №26).
- Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 635 с.
- Посевные площади Российской Федерации в 2017 г. Федеральная служба государственной статистики. Главный межрегиональный центр.
2018. [Электронный ресурс] URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1265196018516](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516) (дата обращения: 18.04.2018).
- Расиньш А. М., Таурина М. О массовой методике количественного учета степени засоренности посевов и ее картирование. Краткие доклады по защите растений. VIII Прибалтийская конференция по защите растений. Часть III. Сорные растения и меры борьбы с ними. Каунас: Литовский НИИ земледелия. 1972. С. 21–25.
- Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2016610137. Рос. Федерация. Герболог-Инфо / Н.Н.Лулева, Е.Г. Лебедева, Е.Н. Мысник; правообладатель ФГБНУ ВИЗР. N 2016610137; заявл. 17.11.2015; зарегистрир. 11.01.2016; опубл. 20.02.2016, Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем. N 2. 1 с.
- Толмачев А. И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза. Новосибирск, 1986. 195 с.

#### Translation of Russian References

- Acreage of the Russian Federation in 2017. Moscow: Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki. Glavnuy mezhregional'nyy tsentr. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki. Glavnuy mezhregional'nyy tsentr. 2018. [Elektronnyy resurs] URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1265196018516](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516) (accessed: 18.04.2018). (In Russian).
- Certificate on state registration of the computer program for PC 2016610137. Russian Federation. Gerblog-Info / N.N.Luneva, E.G. Lebedeva, E.N. Mysnik; FGBNU VIZR. N 2016610137; declared 17.11.2015; registered 11.01.2016; published 20.02.2016, Programmy dlya EVM. Bazy dannykh. Topologii integral'nykh mikroskhem. N 2. 1 p. (In Russian).

Kazantseva A.S. Main agrophytocenosis of the districts near Kama River of TASSR // *Voprosy agrofitotsenologii. Kazan'*, 1971. P. 10–74. (In Russian).  
 Luneva N.N. Technological methods of account and monitoring of weed plants in agroecosystems // *Vysokoproizvoditel'nye i vysokotochnye tekhnologii i metody fitosanitarnogo monitoringa. Saint-Petersburg: VIZR, 2009. P. 39–56. (In Russian).*  
 Luneva N.N., Lebedeva E.G., Mysnik E.N., Belousova E.N. Computer technologies in weed researches // *Zashchita i karantin rastenij. 2017. N 7. P. 18–20. (In Russian).*  
 Luneva N.N., Mysnik E.N. Modern botanical nomenclature of weed plant species of the Russian Federation. Editor Igor Ya. Grichanov. Saint-

Petersburg: VIZR, 2018. 80 p. («Vestnik zashchity rastenij, Prilozheniya», N26). (In Russian).  
 Mayevskii P.F. Flora of midland of the European part of Russia. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2014. 635 p. (In Russian).  
 Rasinsch A., Taurinya M. On mass technique of quantitative survey of crop weediness and its mapping. In: *Kratkie doklady po zashchite rastenii. VIII Pribaltiiskaya konferentsiya po zashchite rastenii. Chast' III. Sornye rasteniya i mery bor'by s nimi. Kaunas: Litovskii NII zemledeliya. 1972. P. 21–25. (In Russian).*  
 Tolmachev A.I. Methods of comparative floristics and problem of florogenesis. Novosibirsk, 1986. 195 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 4(98), p. 50–53

## STRUCTURE OF SPECIES COMPOSITION OF WEED PLANTS IN CROPS OF CORN ON THE TERRITORY OF STEPPE ZONE OF KRASNODAR TERRITORY

E.N. Mysnik, T.Y. Zakota

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

Corn is one of the main crops which are grown up in different countries of the world. Objective of this research is the analysis of specific structure of weed plants in crops of corn on the territory of steppe zone of cultivation in Krasnodar Territory. Long-term data (2012–2017) of monitoring of crops are systematized and processed. The floristic analysis of species composition, calculation of occurrence of species and assessment of its constancy are carried out. Eighty nine species from 74 genera and 22 families are revealed. The non-uniformity of distribution of species by families is shown. A group of 14 dominant species is allocated. These species are the most constant component of contamination of crops of corn. A group of 7 accompanying species of weed plants is allocated. These species are the supplementing contamination component. It is necessary to be guided by types of these groups at preliminary selection of chemical means of protection from weed plants.

**Keywords:** weed plants, corn, floristic composition, structure, occurrence, dominant species, accompanying species.

Received: 04.07.2018

Accepted: 20.11.2018

### Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация  
 \*Мысник Евгения Николаевна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: vajra-sattva@yandex.ru  
 Закота Татьяна Юрьевна. Младший научный сотрудник. e-mail: bagira036@mail.ru

\* Ответственный за переписку

### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation  
 \*Mysnik Evgenia Nikolaevna. Senior Researcher, Phd in Biology, e-mail: vajra-sattva@yandex.ru  
 Zakota Tatyana Yurevna. Junior Researcher, e-mail: bagira036@mail.ru

\* Corresponding author

УДК 63.11 : 632. 484

DOI: 10.31993/2308-6459-2018-4(98)-53-57

## ФУНГИСТАТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ИНДУКТОРОВ УСТОЙЧИВОСТИ К ТЕМНО-БУРОЙ ПЯТНИСТОСТИ ПШЕНИЦЫ

Э.В. Попова<sup>1</sup>, Н.М. Коваленко<sup>1</sup>, Н.С. Домнина<sup>2</sup>, Е.А. Борисова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Институт химии Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург,

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург

Биологическая активность хитозана определяется его способностью индуцировать биохимические пути, приводящие к активации реакций защиты растений и формированию у них устойчивости к грибным, бактериальным и вирусным болезням. Благодаря этим качествам препараты на основе хитозана являются активаторами болезнеустойчивости и продуктивности растений. Так, ранее нами показано, что салицилат хитозана является также эффективным индуктором устойчивости пшеницы к возбудителю темно-бурой пятнистости – *Cochliobolus sativus* (S. Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur. Кроме того известно, что хитозан имеет прямое фунгистатическое действие, которое зависит от его физико-химических свойств (молекулярной массы, степени деацетилирования и др.), а также от вида микроорганизмов. Работ по оценке прямого действия производных хитозана, например, салицилат хитозана, на рост различных патогенов до настоящего времени не проводилось. Сравнительная оценка фунгистатической активности известных индукторов болезнеустойчивости на рост мицелия *C. sativus* показала, что ингибиторный эффект хитозана, салициловой кислоты (СК) и салицилат хитозана зависит от концентрации веществ. Образцы хитозана и его производного с СК в концентрации 0.1–0.2% подавляют линейный рост *C. sativus* на 38.6–74.3%. В этой концентрации хитозан и его производные обычно используются как индукторы болезнеустойчивости. Полное подавление роста патогена хитозаном и салицилатом

хитозана происходит при их концентрации 0.5%. Показано, что хотя салицилат хитозана в концентрации 0.1% обладает невысокой фунгистатической активностью, но она может вносить определенный вклад в общую эффективность препарата как индуктора устойчивости в защите пшеницы от *C. sativus*. Установлена зависимость проявления фунгистатической активности СК от ее концентрации. Если невысокие концентрации СК (0.5–2мМ) не ингибируют рост патогена, а могут оказывать даже стимулирующий эффект на этот процесс, то при высоких концентрациях (10мМ) СК является эффективным ингибитором линейного роста данного патогена.

**Ключевые слова:** хитозан, салициловая кислота, фунгистатическая активность, возбудитель темно-бурой пятнистости пшеницы (*Cochliobolus sativus* (S. Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur).

Поступила в редакцию: 29.08.2018

Принята к печати: 20.11.2018

Композиции хитозана с биологически активными веществами активно используются в растениеводстве в качестве регуляторов роста и для повышения устойчивости растений к различным болезням. Тем не менее, разработка на этой основе новых форм препаратов с повышенной биологической активностью сохраняет свою актуальность и в настоящее время [Хитин и хитозан, 2002].

Во Всероссийском НИИ защиты растений РАН разработана концепция создания на основе хитозана нового класса высокоэффективных средств защиты растений, обладающих регуляторной активностью сигнального типа, а также повышенной токсикологической и экологической безопасностью [Тютюрев С.Л., 2014]. Усиление биологической активности хитозана может быть достигнуто за счет его химической модификации биологически активными веществами. С этой целью часто используют салициловую кислоту (СК), которая является классическим индуктором устойчивости и играет центральную роль в защите растений от биотрофных патогенов [Васюкова, Озерецковская, 2010]. Ранее нами на основе хитозана (молекуляр-

ная масса 6.5 кДа, степень деацетилирования 85%) был синтезирован салицилат хитозана, в 1 г которого содержалось 2.5 мМ ионно связанной СК. Зафиксирована высокая индуцирующая активность полученного салицилат хитозана в защите пшеницы от темно-бурой пятнистости, составившая 89.2–90.4% в зависимости от инфекционной нагрузки на растениях и способа применения [Борисова и др., 2018]. Высокую эффективность салицилата хитозана обычно связывают с реализацией его действия через усиление в растениях реакций защиты от патогена. Однако, наряду с этим механизмом данное производное хитозана может обладать и прямым действием на патоген, что должно привести к блокировке его роста. Исследований по оценке прямого действия салицилата хитозана на рост мицелия аскомицета *C. sativus* до настоящего времени не проводилось.

Цель работы состоит в сравнительной оценке прямого фунгистатического действия известных индукторов устойчивости (хитозан, СК, салицилат хитозана) в отношении мицелия аскомицета *C. sativus*.

#### Материал и методы

Прямое фунгистатическое действие исследуемых веществ проводилось *in vitro*, методом агаровых блоков (Билай, 1982). В стерильные чашки Петри разливали охлажденную до 45°C агаризованную среду Чапека с добавлением в нее испытуемых веществ в соответствующей концентрации. После застывания среды на её поверхность помещали диски диаметром 6 мм, вырезанные стерильным сверлом из 10 суточных мицелиальных газонов гриба *C. sativus*. В качестве контроля служили чашки с агаризованной средой Чапека без испытуемых веществ. Чашки

инкубировали в темноте при 25°C. Измерение диаметров грибных колоний проводили на 3-е, 5-е, 7-е сутки сокультивирования и оценивали фунгистатическое действие испытуемых веществ по формуле Эббота [Методические указания, 1990]:

$$\Pi = \frac{Дк - Доп}{Дк} \times 100$$
, где  $\Pi$  – подавление роста гриба по сравнению с контролем, в %;

Дк – диаметр колонии гриба в контроле, мм; Доп. – диаметр колонии гриба в опыте, мм.

Повторность опыта 4-х кратная.

#### Результаты и их обсуждение

Проведенные эксперименты по оценке прямого действия хитозана и салицилат хитозана на рост мицелия гриба *C. sativus* показали определенную зависимость фунгистатической активности от концентрации веществ в питательной среде (табл. 1).

Хитозан в концентрации 0.01–0.05% практически не влияет на рост мицелия патогена в течение 7 суток культивирования *C. sativus*. Увеличение концентрации полимера в питательной среде до 0.1–0.2% ведет к повышению его фунгистатической активности, причем линейный рост мицелия гриба *C. sativus* подавляется на 45.7–74.3% (7-е сутки культивирования). На 7-е сутки подавляющее действие 0.1% хитозана составляет до 45.7%. Следует отметить, что хитозан именно в этой концентрации (0.1%) используется в качестве индуктора болезнестойчивости. С увеличением концентрации хитозана в 5 раз (0.5%) рост мицелия гриба практически полностью прекращается в течение всего периода культивирования.

Салицилат хитозана в концентрации 0.1% обладает определенной фунгистатической активностью, что

подтверждается сдерживанием роста мицелия гриба *C. Sativus* на 43.4–40.9% в первые сутки (3-е – 5-е сутки) сокультивирования. На 7-е сутки эффективность действия салицилата хитозана снижается до 38.6%. Повышение количества салицилат хитозана до 0.2% в питательной среде ведет к усилению его ингибирующей активности. Так, на 7-е сутки сокультивирования салицилат хитозана в этой концентрации сдерживает рост мицелия гриба на 55.7%. Полное прекращение развития патогена наблюдается при концентрации салицилат хитозана 0.5%. В низкой концентрации салицилат хитозана в пределах 0.01–0.05% подавление роста гриба практически не происходит.

При изучении влияния СК на рост мицелия гриба *C. sativus* установлено, что в низких концентрациях (0.5–2 мМ) СК не только не подавляет, но и оказывает небольшое стимулирующее действие на линейный рост мицелия гриба (табл. 2).

С повышением концентрации СК в питательной среде до 7.0 мМ проявляется ее ингибирующее действие, рост патогена сдерживается на 42.8–52.1% на 7 сутки культи-

Таблица 1. Влияние хитозана и салицилат хитозана на линейный рост *C. sativus*

Вариант	Концентрация вещества, % по хитозану	Ингибирование линейного роста мицелия гриба <i>C. sativus</i> , в %					
		3-сутки культивирования		5-сутки культивирования		7-сутки культивирования.	
		Д, мм	% ингибирования	Д, мм	% ингибирования	Д, мм	% ингибирования
Контроль		23.0 ± 0.3		55.0 ± 0.5		70.0 ± 1.2	
Хитозан	0.01	20.5 ± 0.5	10.9	50.0 ± 1.0	9.1	64.0 ± 2.4	8.6
	0.02	20.0 ± 0.3	13.0	48.5 ± 2.2	11.8	65.0 ± 2.2	7.1
	0.05	19.5 ± 0.3	15.2	47.0 ± 0.7	14.5	60.0 ± 3.2	14.2
	0.1	12.5 ± 0.2	45.6	25.5 ± 0.8	53.6	38.0 ± 1.2	45.7
	0.2	10.0 ± 0.5	56.5	15.0 ± 0.7	72.7	18.0 ± 0.8	74.3
	0.5	0	100	0	100	0	100
Хит+СК	0.01	23.0 ± 0.3	0	52.0 ± 2.2	5.4	70.0 ± 1.1	3.0
	0.02	22.5 ± 0.3	2.2	50.0 ± 3.2	9.1	63.0 ± 2.2	10.0
	0.05	22.0 ± 0.5	4.3	48.0 ± 2.0	12.7	60.0 ± 1.3	10.0
	0.1	13.0 ± 0.2	43.4	33.5 ± 2.2	40.9	43.0 ± 2.0	38.6
	0.2	12.0 ± 0.6	47.3	23.0 ± 0.4	71.1	32.0 ± 0.5	55.7
	0.5	0	100	0	100	0	100

Таблица 2. Влияние салициловой кислоты (СК) на рост мицелия *C. sativus*

Вариант	Концентрация СК, мМ	Ингибирование линейного роста мицелия гриба <i>C. sativus</i> , в %					
		3-сутки культивирования		5-сутки культивирования		7-сутки культивирования.	
		Д мм	% ингибирования	Д мм	% ингибирования	Д мм	% ингибирования
Контроль		23.0 ± 0.3		55.0 ± 1.3		70.0 ± 2.3	
СК	0.5	24.0 ± 0.4	+5.2	55.0 ± 2.5	0	70.0 ± 2.3	0
СК	1.0	23.5 ± 0.3	+3.2	56.5 ± 3.0	+2.8	70.0 ± 2.5	0
СК	2.0	23.0 ± 0.4	0	52.0 ± 4.0	5.4	70.0 ± 2.8	0
СК	7.0	19.1 ± 0.3	16.9	22.0 ± 0.5	60.0	33.5 ± 2.5	52.1
СК	10	0	100	0	100	0	100

вирования. При концентрации 10 мМ салициловая кислота полностью подавляет линейный рост мицелия *C. sativus* (табл. 2).

Несмотря на то, что изучению биоцидной активности хитозана посвящено множество работ, механизмы антибактериального и антигрибного действия этого биополимера на клеточном и на молекулярном уровне раскрыты не полностью [Куликов и др., 2013]. Большинство исследований фунгистатической активности хитозана по отношению к различным патогенам свидетельствуют о том, что причиной биоцидной активности хитозана является его поликатионная природа и способность связываться с отрицательно заряженными поверхностными структурами клеток. Механизм антигрибного действия хитозана связывают с электростатическим взаимодействием положительно заряженных свободных аминогрупп хитозана с отрицательно заряженными фосфолипидами мембран клеток грибов, с нарушением структуры клеточной стенки, ведущей к изменению морфологии мицелия, размера спор и нарушению целостности грибной цитоплазматической мембраны, приводящее к выходу из клеток цитоплазматического содержимого и их гибели.

В качестве примеров можно привести ряд работ. Так, в исследовании [Malda et Hassni et al., 2004] показано, что хитозан в концентрации 0.1% ингибирует мицелиальный рост *F. oxysporum f. sp.* на 75% в опыте *in vitro*. Биоцидное действие 0, 125% хитозана на мицелиальный рост *Pythium irregulare* было описано и в публикации [Park et al., 2002]. Согласно данным Mona M.M. et al. [2012] хитозан в кон-

центрации 0.15% ингибирует рост мицелия *F. oxysporum* на 45% на 7 день культивирования гриба на твердой среде, а в концентрации 4.5 г/л полностью (на 100%) подавляет рост патогена. Установлено, что на 9 день культивирования гриба *Colletotrichum gloeosporioides* 0.5% хитозан ингибирует рост мицелия на 33%, а 2% – на 62% [Pongphen Jitareerat et al., 2007].

Многими исследователями, изучающими действие СК на рост различных грибных культур *in vitro*, получены близкие результаты, свидетельствующие об ингибирующем воздействии СК на линейный рост различных патогенов. Например, сообщается о значительном влиянии СК при концентрациях 2, 4, 6, 8 мМ на мицелиальный рост *F. oxysporum*, *F. solani*, *R. solani* и *M. phaseolina*, выделенных из корней огурца на 7 день культивирования *in vitro* [Elwakil et al., 2015]. Было замечено, что уменьшение линейного роста мицелия грибов коррелировало с увеличением концентрации СК, при этом были выявлены концентрации, угнетающие рост патогенов. Изучая влияние СК на линейный рост *B. oryzae* Y.M. Shabana et al. [2008] обнаружили, что при концентрации 9 мМ СК полностью ингибировало рост патогена. Салициловая кислота является эффективным ингибитором линейного роста *B. fabae in vitro* [Aldesuquy H, Baka Z, Alazab N., 2015]. В концентрации 10 мМ СК полностью подавляет линейный рост *Rhizoctonia solani* и *Macrophomina phaseolina* – возбудителей, вызывающих болезни растений подсолнечника [Abd El-Hai et al., 2009]. По данным Qi [2012] СК в concentra-

ции 3–20 мМ оказывает ингибирующее действие на рост мицелия гриба *F. graminearum*.

Наши данные, представленные в таблице 2, также показывают, что СК может оказывать прямое воздействие на рост мицелия *C. sativus* и это влияние зависит от концентрации кислоты в среде. Так, при концентрации 0.5–2 мМ СК не влияет на рост мицелия гриба *C. sativus*; с повышением концентрации от 5.0 до 7.0 мМ растёт ингибирующее действие СК на линейный рост патогена, вплоть до полного его подавления в концентрации 10 мМ.

С чем может быть связано фунгистатическое действие СК? Большое количество исследований свидетельствует о том, что фенольные соединения растений являются по-

тенсиально токсичными веществами для фитопатогенных грибов, и обладают противогрибной, антибактериальной и противовирусной активностью, и при определенных условиях могут выполнять защитную роль [Hayat S, Ahmad A 2007; Вольнец, 2013]. Одно из возможных объяснений фунгистатического действия СК на микроорганизмы может быть связано с ингибированием функций ферментов патогена окисленными соединениями, вмешательством в функции мембран, включая перенос питательных веществ и интерферирование с белками, синтезом РНК и ДНК [Nesci, et al., 2003]. Эти изменения в структуре клеточных мембран гриба при определенных концентрациях СК могут быть необратимыми.

### Заключение

В работе проведена сравнительная оценка фунгистатической активности хитозана, салициловой кислоты и салицилата хитозана по отношению к возбудителю темно-бурой пятнистости пшеницы *C. sativus*. Выявлена связь между концентрацией хитозанов со степенью ингибирования роста мицелия гриба.

Образцы хитозана и его производного с СК в концентрации 0.01–0.05 % практически не влияют на рост мицелия *C. sativus* в течение 7 суток культивирования *in vitro*. Увеличение концентрации полимеров до 0.1–0.2 % ведет к повышению их фунгистатической активности и подавлению линейного роста мицелия гриба *C. sativus* на 38.6–74.3 %. В этой концентрации хитозан и его производ-

ные обычно используются как индукторы болезнестойчивости. Полное подавление роста патогена хитозаном и салицилатом хитозана наблюдалось при концентрации 0.5 %. Высказано предположение, что аскомицет *C. sativus* обладает способностью метаболизировать СК в низких концентрациях (0.5–2 мМ), а в высоких концентрациях СК (10 мМ) является эффективным ингибитором линейного роста патогена.

Показано, что салицилат хитозана в концентрации 0.1 % обладает невысокой фунгистатической активностью, но она может вносить определенный вклад в общую эффективность препарата как индуктора устойчивости в защите пшеницы от темно-бурой пятнистости.

### Библиографический список (References)

- Билай В.И. Методы экспериментальной микологии // Наукова думка. 1982. 275 с.
- Борисова Е.А., Коваленко Н.М., Попова Э.В., Колесников Л.Е. Биологическая эффективность хитозана, модифицированного салициловой кислотой, в защите пшеницы от темнотурой пятнистости. // Сборник материалов международной научно-практической конференции // Роль молодых учёных в решении актуальных задач АПК. Санкт-Петербург, 2018. С. 8–10.
- Васюкова Н.И. Иммунизирующая активность производных хитозана с салициловой кислотой и ее фрагментами. / Васюкова Н.И., Озерецковская О.Л., Чаленко Г.И., Герасимова Н.Г. и др. Иммунизирующая активность производных хитозана с салициловой кислотой и ее фрагментами. // Прикладная биохимия и микробиология, 2010, том 46, №3. С. 379–384.
- Вольнец А.П. Фенольные соединения в жизнедеятельности растений // Минск, 2013. 283 с.
- Куликов С.Н. Антибактериальная и антимикотическая активность хитозана: механизм действия и роль структуры. / Куликов С.Н., Хайруллин Р.З. // Хитозан. М.: «Центр Биоинженерия» РАН. 2013. С. 363–407.
- Методические рекомендации по испытанию химических веществ на фунгицидную активность. / Под ред. Е.И. Андреевой, В.С. Картомышева. НИИТЭХИМ. 1990.
- Тютюрев С.Л. Природные и синтетические индукторы устойчивости растений к болезням. // СПб. 2014. 212 с.
- Хитин и хитозан: получение, свойства и применение. / Под ред. Скрыбина К.Г., Вихоревой Г.А., Варламова В.П. // М.: Наука. 2002. 368 с.
- AbdEl-Hai KM, El-Metwally MA, El-Baz SM, Zeid AM (2009) The use of antioxidants and microelements for controlling damping-off caused by *Rhizoctonia solani* and charcoal rot caused by *Macrophomina phaseolina* on sun flower. *Plant Pathol.* J. 8: 7989.
- Aldesuquy H, Baka Z, Alazab N (2015) Shikimic and Salicylic Acids Induced Resistance in Faba Bean Plants against Chocolate Spot Disease. *J. Plant Pathol. Microb.* 6: 257.
- Elwakil M.A., El-Metwally M.A., Elsherbiny A., Elsherbiny and Eisa K.N.M / Enhancing Systemic Acquired Resistance in Cucumber to Control Root Rot and Wilt Diseases with Reference to Yield and Quality // *Plant Pathology Journal* 14 (4): 223–233, 2015.
- Hayat S, Ahmad A (2007) *Salicylic Acid: A Plant Hormone*. Springer, Dordrecht, Netherlands.
- Malda et Hassni, Abdelbasset et Handrami, Fouad Daaye, Essaid ait Barka and Ismail et Hadrami / Chitosan, antifungal product against *Fusarium oxysporum* f. sp. *Albedinis* and elicitor of defence reactions in date palm roots // *Phytopathol. Mediterr.* 2004. 43. С. 195–204.
- Mona M.M. Ragab et al.: *In Vitro* Evaluation of Some Fungicides Alternatives Against *Fusarium Oxysporum* the Causal of Wilt Disease of Pepper (*Capsicum annum* L.)
- Mona M. M., Ragab A. M. A. Ashour, M. M. Abdel-Kader, R., El-Mohamady, A. Abdel-Aziz
- International Journal of Agriculture and Forestry.* 2012, 2(2): 70–77.
- Narong Singburadom\*, Onuma Piasai and Tida Dethaub / Antimicrobial Activity of Different Molecular Weight Chitosans to Inhibit Some Important Plant Pathogenic Fungi // *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 45(4).
- Nesci A, Rodriguez M., Etcheverry M. (2003). Control of *Aspergillus* growth and aflatoxin production using antioxidants at different conditions of water activity and pH. / *J Appl Microbiol* 95: 279–287.
- Park, A., A. Ro-Dong, K.J. Jo, Y.Y. Jo, Y.L. Jin, K.Y. Kim, J.H. Shim and Y.W. Kim. 2002.
- Variation of antifungal activities of chitosans on plant pathogens. *J. Microbiol. Biotechnol.* 12: 84–88.
- Pongphen Jitareerat, Sudkanueng Paumchai, Sirichai Kanlayanarat, Somsiri Sangchote /
- Effect of chitosan on ripening, enzymatic activity, and disease development in mango (*Mangifera indica*) fruit // *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 2007, Vol. 35: 2112–18.
- Qi PF. 2012. Effect of salicylic acid on *Fusarium graminearum*, the major causal agent of fusarium head blight in wheat *Fungal biology*, 116:413–426.
- Shabana YM, Abdel-Fattah GM, Ismail AE, Rashad YM (2008). Control of brown spot pathogen of rice (*Bipolaris oryzae*) using some phenolic antioxidants. *Braz. J. Microbiol.* 39: 438–444.

### Translation of Russian References

- Билай В.И. Методы экспериментальной микологии // Киев: Наукова Думка. 1982. 275 с. (In Russian).
- Borisova E.A., Kovalenko N.M., Popova E.V., Kolesnikov L.E. Biological effectiveness of chitosan modified with salicylic acid in the protection of



wheat from dark brown patchiness. / Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoi konferentsii // Rol' molodykh uchyonykh v reshenii aktual'nykh zadach APK. St. Petersburg, 2018. P. 8–10. (In Russian)

Chitin and chitosan: production, properties and application. / Ed. by Skryabin K.G., Vikhoreva G.A., Varlamov V.P. // Moscow: Nauka. 2002. 368 p. (In Russian).

Kulikov S.N. Antibacterial and antimycotic activity of chitosan: mechanism of action and the role structure / Kulikov S.N., Khairulin R.Z. // Chitosan. Moscow: Tsentr Bioinzheneriya RAN. 2013. P. 363–407. (In Russian).

Methodical recommendations for testing chemicals for fungicidal activity. Ed. E.I. Andreeva, V.S. Kartomyшева, NIITEKHIM, 1990. (In Russian).

Tyuterev S.L. Natural and synthetic inducers of plant resistance to diseases. // St. Petersburg. 2014. 212 p. (In Russian).

Vasyukova N.I. Immunizing activity of chitosan derivatives with salicylic acid and its fragments // Vasyukova N.I., Ozeretkovskaya O.L., Chalenko G.I., Gerasimova N.G. et al. Immunizing activity of chitosan derivatives with salicylic acid and its fragments. // Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya, 2010, Vol. 46, No. 3, p. 379–384. (In Russian).

Volynets A.P. Phenolic compounds in the life of plants // Minsk, 2013. 283 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 4(98), p. 53–57

## FUNGISTATIC ACTIVITY OF CHITOSAN SALICYLATE AS AN INDUCER OF WHEAT RESISTANCE TO DARK BROWN SPOT

E.V. Popova<sup>1</sup>, N.M. Kovalenko<sup>1</sup>, N.S. Domnina<sup>2</sup>, E.A. Borisova<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup>St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg, Russia

A comparative evaluation of fungistatic activity of Chitosan salicylic acid and Chitosan salicylate is studied in respect to dark brown spot of wheat *C. sativus*. The connection between the concentration of chitosans and the degree of inhibition of mycelial growth in the fungus has been revealed. Samples of Chitosan and its derivative with SA in concentration of 0.01–0.05 % do not practically affect the growth of the pathogen mycelium *C. sativus* during the 10th day of cultivation in vitro. Increase in the concentration of polymers to 0.1–0.2 % leads to an increase in their fungistatic activity, and the linear growth of the mycelial fungus of *C. sativus* is suppressed by 47.7–74.3 %. At concentration of 0.1–0.2 %, Chitosan and its derivatives are usually used as inducers of disease resistance. Chitosan and Chitosan salicylate at a concentration of 0.5 % have completely suppressed the growth of *C. sativus*. It has been established that ascomycete *S. sativus* has the ability to metabolize SA at low concentrations (0.25–1 mM), and high concentrations of SC (10 mM) are effective inhibitors of linear growth pathogen. In general, our studies showed that chitosan salicylate at a concentration of 0.1 % has a slight fungistatic activity, but it can contribute to the overall effectiveness of Chitosan salicylate as an inducer of resistance in protecting wheat from dark brown spot.

**Keywords:** chitosan, salicylic acid, fungistatic activity, causative agent, spot blotch of wheat, *Cochliobolus sativus*.

Received: 29.08.2018

Accepted: 20.11.2018

### Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация

\*Попова Эльза Викторовна. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: elzavpopova@mail.ru

Коваленко Надежда Михайловна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: nadyakov@mail.ru

Институт химии Санкт-Петербургского государственного университета, Университетский пр. 26, 198504, Санкт-Петербург, Петродворец, Российская Федерация

Домнина Нина Семеновна. Доцент, кандидат химических наук, e-mail: n.domnina@spbu.ru

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Петербургское шоссе, д. 2, 196601, Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация

Борисова Елена Алексеевна. Магистрант, e-mail: dead-people@mail.ru

### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

\*Popova Elza Victorovna. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: elzavpopova@mail.ru

Kovalenko Nadezhda Mikhailovna. Senior Researcher, PhD in Biology, e-mail: nadyakov@mail.ru

Institute of chemistry, St. Petersburg state University, University prospect 26, 198504, Saint-Petersburg, Petrodvorets, Russian Federation

Domnina Nina Semenovna. Dozent, PhD in Chemistry, e-mail: n.domnina@spbu.ru

Saint-Petersburg State Agrarian University Peterburgskoe shosse, 2, 196601, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

Borisova Elena Alekseevna. Student of Magistrate, e-mail: dead-people@mail.ru

\* Ответственный за переписку

\* Corresponding author

## ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РОДЕНТИЦИДОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ПОЛЕВЫХ ГРЫЗУНОВ

Н.В. Бабич, А.А. Яковлев

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

В результате многолетних лабораторных исследований усовершенствован режим содержания и тестирования полевок: обыкновенной *Microtus arvalis* Pall., восточноевропейской *M. rossiaemerdionalis* Ognev, и общественной *M. socialis* Pall.. Для серых полевок рода *Microtus* были адаптированы методы тестирования родентицидов, определения ЛД<sub>50</sub> действующих веществ и оценки устойчивости к антикоагулянтным родентицидам. Оценка родентицидных составов, на полевках лабораторного разведения, проводится в схеме группового тестирования, с элементами реконструкции таких условий полевых обработок, как пониженный температурный режим и альтернативные сочные корма. Методы тестирования с временным содержанием отловленных в природе грызунов, используются для полевок р. *Microtus*, при оценке уровня резистентности и привлекательности приманочной основы в определенных местообитаниях, а также как дополнительные при тестировании водяной полевки *Arvicola terrestris* L., для которой не применим разработанный для р. *Microtus* метод ведения лабораторных колоний. Новая схема оценки уровня резистентности в лабораторных условиях основывается на введении экспериментальным группам дискриминационных доз: 3-дневное введение 30 мг/кг этилфенацина, при оценке чувствительности к антикоагулянтам первого поколения или однократное введение 1 мг/кг бродифакума, к антикоагулянтам второго поколения.

**Ключевые слова:** виварий, содержание полевок р. *Microtus*, тестирование родентицидов, резистентность к антикоагулянтам.

Поступила в редакцию: 09.10.2018

Принята к печати: 20.11.2018

Родентициды применяются для защиты от грызунов в разных областях народного хозяйства, в основном против крыс и мышей. В растениеводстве препараты от грызунов необходимы как для защиты собранного урожая от крыс и мышей, так и для защиты растений на корню от другого видового состава вредителей (полевок и других обитающих в поле видов). При пополнении ассортимента средств защиты растений от полевых грызунов в лабораторных исследованиях определяется привлекательность приманочных составов и оценивается эффективность действующих веществ против наиболее массовых и вредоносных видов р. *Microtus*, имеющих другое пищевое поведение и физиологию в сравнении с крысами и мышами. На заключительном этапе проводятся полевые испытания, без которых родентициды не могут быть зарегистрированы в качестве пестицидов, разрешенных для применения на территории Российской Федерации [Яковлев, Бабич 2004].

Большой объем информации об исследованиях в области защиты растений от грызунов и применении родентицидов содержится в директивах (ОЕПП-ЕРРО) «о хорошей практике защиты растений» [Bulletin ОЕПП/ЕРРО, 1995a], о методах тестирования антикоагулянтных родентицидов и резистентности [Bulletin. ОЕПП/ЕРРО, 1995b], о методах тестирования репеллентов для обработки зерна [Bulletin ОЕПП/ЕРРО 1996a] и коры деревьев [Bulletin ОЕПП/ЕРРО, 1996b]. Важный этап подготовки опытов – создание условий для содержания грызунов. При этом для всех ведомств, ведущих лабораторные исследования с грызунами, актуальны положения об организации вивариев и содержании грызунов, включающие принятые в России Санитарные правила (N 1045-73) и директивы Европейского Союза. Для обеспечения комфортных условий содержания животных и безопасности труда персонала, предусматриваются параметры основных и вспомогательных помещений вивария, размеров клеток и минимальной площади помещения, приходящейся на одно животное при разных режимах содержания. Определяются оптимальная температура, влажность и уровень шума, рекомендуются

санитарно-гигиенические нормы дезинфекции клеток (горячей водой, при температуре 83 °С), и влажной уборки помещений (с использованием 1% раствора хлорамина и др.). В соответствии с этическими нормами проведения исследований, лабораторные опыты предлагается планировать в случае отсутствия альтернативных подходов для получения результата. При этом выбираются гуманные процедуры использования животных и продумывается сбалансированный дизайн эксперимента [Руководство по использованию лабораторных животных...2014]. При поиске новых родентицидов для защиты растений, учитывается гуманность действия препаратов, а при необходимости проведения лабораторных исследований, предпочтение отдается схемам опытов с использованием полевок лабораторного разведения, адаптированным к условиям существования в виварии.

Имеющиеся методические подходы ОЕПП-ЕРРО [Bulletin ОЕПП/ЕРРО 1982, 2004] лабораторных исследований в области разработки и применения родентицидов, как и принятые в России рекомендации Роспотребнадзора [Методы лабораторных исследований...2011], включающие схемы лабораторных опытов с грызунами, базируются на работе с белыми крысами и мышами, и лишь ограниченно применимы для полевок. Насколько информативны будут результаты опытов для практики защиты растений зависит от возможности адаптации существующих лабораторных методов для исследований на выборках, отловленных в поле грызунов, и на целевых видах лабораторного разведения. Так, методика тестирования на выборках, представляющих природные популяции, представлена в исследованиях, проведенных в Сербии на обыкновенной полевке *M. arvalis* и лесной мыши *Apodemus sylvaticus* L. [Jokić et al. 2014]. Грызуны отлавливались на поле люцерны 2-го года пользования, не обработывавшейся родентицидами весь период роста посева, и содержались в индивидуальных пластиковых клетках 32x20x13.5 см при температуре 21–23 °С, световом режиме 12/12 (день/ночь) и 40–70% относительной влажности воздуха. В период

адаптации, занимавшей не менее 22 дней, а также восстановления после тестирования, основу рациона составлял коммерческий корм для мышей, воду в поилках давали постоянно, а в качестве добавок зверьки получали морковь, листья люцерны и зерно. Из опыта исключались молодые и беременные животные. Приманка, которая изготавливалась за 48 часов до подачи, содержала 90% зерновой смеси грубого помола, 5% пшеничной муки и 5% кукурузного масла. В составе зерновой смеси: 30% пшеницы, 40% ячменя и 30% кукурузы. Группы состояли из 12 особей (по 6♂♂ и 6♀♀), рандомизированных по массе тела. В вариантах с экспозицией свыше одних суток (от 2-х до 4-х) ежедневно возмещалась съеденная приманка. В опытах без выбора грызуны получали вместо корма, содержащую родентицид приманку, в опытах с выбором, в клетку помещали две кормушки (с родентицидом и без), положение кормушек в клетке каждый день меняли. Кормушки с остатками корма выдерживались в одинаковых комнатных условиях не менее 24 часов до начала измерений. Среднесуточное потребление приманки пересчитывалось на 100 г массы тела.

Кардинальное изменение жизненных условий грызунов в данном опыте, практически нивелирует те преимущества, которые дает исследование на выборках, представляющих природные популяции, и применимость результатов для практики ограничена. Используя грызунов лабораторного разведения, можно оценить привлекательность приманки и физиологический ответ на воздействие родентицидов для разных видов. Так в Великобритании, для изучения эффективности родентицидных препаратов, основателей лабораторных колоний восьми видов грызунов, получали в научных заведениях и лабораториях, либо отлавливали из природных популяций из мест, требующих защиты растений от этих видов [Gill et al., 1992]. Отловленных в поле грызунов брали в размножение после 6 месячного карантина. С возраста 21 день, молодняк рассаживали, разделяя по полу. Зверьков содержали при температуре  $20 \pm 3^\circ\text{C}$  и естественном световом режиме на лабораторной диете 41В (Oxoid Ltd., London, UK), вода предлагалась в избытке. С 60-дневного возраста грызуны адаптировались к содержанию в индивидуальных проволочных клетках. Приманка состояла из 90% грубо дробленой овсянки, 5% кукурузного масла и 5% смеси препарата с мукой. При тестировании жидких концентратов антикоагулянтов на 95% дробленой овсянки, брали 5% концентрата. Проводились тесты с выбором и без выбора. Так как тестировались систематически сильно отстоящие друг от друга виды (переднеазиатский хомяк *Mesocricetus auratus* Waterhouse, малая песчанка *Meriones shawi* Duvernoy, травяная мышь *Arvicanthis niloticus* E. Geoffroy, иглистая мышь *Acomys cahirinus* Geoffroy, многососковая крыса *Mastomys natalensis* Smith, хлопковый хомяк *Sigmodon hispidus* Say & Ord, малая крыса *Rattus exulans* Peale и черная крыса *R. rattus* Berk.), условия содержания и кормления могли сказываться на устойчивости видов к препаратам.

Генетическое соответствие тестируемых выборок популяциям вредителей, обеспечивается выбором точки происхождения основателей лабораторных колоний. В многолетних исследованиях ВИЗР, проводившихся в период 1999–2018 гг., полевки р. *Microtus* (обыкновенная

*M. arvalis*, восточноевропейская *M. rossiaemeridionalis* и общественная *M. socialis*) отлавливались в агроценозах из очагов повышенной вредоносности грызунов, на разных фазах популяционного цикла. Отлов водяной полевки *A. terrestris* производился в лугово-болотных местообитаниях на подъеме численности вида. В зависимости от задач исследований, после периода адаптации, проводилось тестирование на выборках из поля, либо основывались лабораторные колонии, для получения и дальнейшего тестирования полученных в разведении особей. Для водяной полевки, более крупного и агрессивного вида, лабораторное разведение не использовалось и тестировались только природные выборки при индивидуальной рассадке. Изучалось влияние антикоагулянтных родентицидов на разные виды [Баранова, Бабич, Яковлев, 2002; Яковлев, Бабич, Покровская и Долженко, 2005]. Основой ведения лабораторных колоний полевок р. *Microtus*, было составление постоянных пар, отсадка самца от выводка проводилась лишь при недостатке производителей для размножения. По литературным сведениям при методе разведения обыкновенной полевки с отсадкой самца снижается смертность детенышей, но это сказывается на социальном поведении полученных потомков в дальнейшем [Громов, 2013]. Ссаживание зверьков производится на нейтральной территории, обеспечивается отсутствие запаха конкурентов (новый подстилочный и гнездовой материалы, чистый корм и др.). При составлении однополых групп, исключались наиболее агрессивные особи, также неуживчивые зверьки отсеивались при ссаживании пар для размножения. Для содержания семейных пар и групп молодняка использовались большие стеклянные террариумы, размерами  $50 \times 30 \times 25 \text{ см}^3$ , с сетчатыми крышками. Отсаживание молодняка с разделением по полу, проводилось с возраста 17–20 дней. Оптимальный размер однополых групп для группового содержания составляет 5–6 особей на террариум, объемом около 40 л. Полученное при лабораторном разведении поголовье хорошо адаптировалось к групповому содержанию как у восточноевропейской и общественной, так и у относительно более агрессивной к сородичам обыкновенной полевки. Проводились как тесты с индивидуальной рассадкой с использованием малых террариумов размером  $32 \times 21 \times 10 \text{ см}$ , так и в групповые варианты опытов, в больших террариумах.

При проведении тестирования методами на основе стандартных подходов [Методы лабораторных исследований...2011], в виварии ВИЗР проводились опыты без выбора и с выбором, с предварительным учитываемым прикормом. Выборки составлялись из особей обыкновенной полевки *Microtus arvalis* лабораторного разведения, полученные от пар основателей, вывезенных из Краснодарского края, из мест интенсивного применения антикоагулянтов. В качестве приманочной основы и альтернативного корма использовалась цельнозерновая овсянка. Стандартная диета состояла из влажного (овощи и свежая трава) и зернового (нелущеный овес) кормов. В опыт брали полевок в возрасте около 2 месяцев. В каждом варианте использовались по 10 особей, которые содержались в двух террариумах (по 5♂♂ или 5♀♀ на террариум), давалась овсянка, вода, сено как подкормка и гнездовой материал. Тестирование включало три варианта: (1) получавшие стандартный препарат, (2) получавшие тестируемый

препарат, и (3) контроль, – получавшие только чистую приманку. После трехдневного прикорма (с ежедневным измерением количества съеденного зерна), проводилась трехдневная экспозиция препарата (чистый корм в контроле). В опытах с выбором, одна кормушка содержала чистую овсянку, а другая – обработанную родентицидом. Ежедневно кормушки менялись местами, учитывалось количество съеденного и давалась свежая порция приманки. Среднесуточное потребление приманки пересчитывалось на 20 г (средняя масса полевки), что определяет поедаемость приманки в расчете на среднего зверька. По массе, потребленной приманки оценивалась примерная набранная доза препарата в мг/кг.

*Виды опытов с полевыми р. Microtus и условия их проведения*

Хорошие результаты ведения лабораторных колоний полевок получены на близком к естественному, трехкомпонентном рационе, содержащем зерновые, травяные и овощные корма. Рекомендуемые условия содержания грызунов при температуре от +10, до +20 °С при относительной влажности 70–80%, шире диапазона, применяемого в стандартных опытах с грызунами [Руководство по использованию лабораторных животных... 2014], но дают возможность постановки опытов при температуре +10–15 °С, воссоздавая условия при проведении осенних обработок в поле.

### 1. Определение ЛД<sub>50</sub>

В основе определения ЛД<sub>50</sub> лежат стандартные методики [Bulletin OEPР/ EPPO 1982]. Первичная оценка проводится на небольшом количестве животных: каждая следующая особь получает возрастающую дозу препарата. Для более точной оценки каждая доза препарата дается небольшой группе особей. Для анализа в статистических программах пробит анализа, в таблицу заносятся следующие показатели: дозы изучаемого препарата в миллиграммах на 1 кг массы тела животного, число животных, на которых препарат оказал действие (гибель), количество животных в данной группе, эффективность препарата, выраженная в пробитах. Рассчитываются ЛД<sub>16</sub>, ЛД<sub>50</sub>, ЛД<sub>100</sub> и стандартное отклонение ЛД<sub>50</sub> [Беленький, 1963]. В стандартном варианте препарат вводится через рот. Для прояснения отдельных вопросов защиты растений, препарат подается в составе приманки (метод поступления препарата обязательно указывается). Введение концентратов родентицидов проводилось в исследованиях действующих веществ (д.в.): этилфенацин, изопропилфенацин, бромадиолон и бродифакум [Бабич, Яковлев и Драгомиров, 2007; Бабич и Яковлев, 2013]. При учете по массе потребленной приманки, точность определения дозы по действующему веществу (мг/кг) снижается, но поступление препарата с пищей, как это и происходит в процессе обработок, обеспечивает естественный метаболизм препарата, что повышает ценность результатов для интерпретации. Сроки наблюдений за изменением состояния полевок в режиме стандартного содержания и учета смертности, зависят от класса тестируемых веществ (для антикоагулянтных родентицидов – 14 дней).

### 2. Определение уровня резистентности

Была предложена новая схема определения уровня резистентности в популяциях полевок. При неэффективности обработок с.-х. культур антикоагулянтными препара-

тами, в поле убеждаются, что приманка хорошо поедается грызунами, а не остается нетронутой возле нор. Из-за запаса приманки в норах реальную поедаемость определить сложно. Тем не менее, специально проведенные в виварии ВИЗР наблюдения показали, что запаса приманки является хорошим показателем ее привлекательности и гарантирует (хотя бы и частичное) ее потребление. Следующим шагом (при возможности) в лаборатории проверяется содержание д.в. в использованном родентициде. После подтверждения поедаемости приманки, содержащей нормативную концентрацию д.в. хорошего качества, приступают к отловам в местах неэффективных обработок. Признаками доминирования серых полевок на повреждаемой культуре являются остатки частей растений на кормовых столиках, изреженность посевов, в виде выстриженных полевок “плешин”, обнаружение пучков свежих стеблей у норных входов. В зависимости от числа норных входов с признаками частого посещения зверьками (утоптанная почва, остатки растений, свежие экскременты) устанавливаются живоловушки по 2–4 штуки на колонию, (30–50 штук на поле). Отловленных полевок размещают в террариумах, снабжают их свежей травой (сеном), корнеплодами и зерновым кормом. В качестве подстилки и гнездового материала используются опилки и сено или другие материалы (солома, фильтровальная бумага, профессиональные наполнители). Вода необходима при дефиците сочных кормов или пониженной влажности воздуха. Животные адаптируются к условиям содержания в течение 20 дней, затем проводится их тестирование на чувствительность к антикоагулянтам.

А) введение концентратов антикоагулянтов per os

1. Минимальная группа для тестирования составляет 10 полевок (5 самцов, 5 самок).

2. Каждый зверек взвешивается и, в зависимости от массы тела, рассчитывается индивидуальный объем препарата для введения.

$$X(\text{мл}) = \frac{m(\text{г}) * D(\text{мг/кг})}{a(\text{г/л}) * 1000}, \text{ где}$$

$X(\text{мл})$  – объем вводимого препарата,

$m(\text{г})$  – масса полевки в г,

$D(\text{мг/кг})$  – доза по д.в., которую получит тестируемая особь,

$a(\text{г/л})$  – содержание д.в. в препарате по сумме изомеров.

3. Дискриминационная доза, вызывающая 100% гибель чувствительных особей.

3.1. при тестировании антикоагулянтов 1-го поколения, – составляет 30 мг/кг этилфенацина (по д.в.).

Введение осуществляют в течение 3-х последовательных суток по 10 мг/кг.

3.2. при тестировании антикоагулянтов 2-го поколения,

– составляет 1 мг/кг бродифакума (по д.в.) при однократном введении.

4. В течение 14 дней с первого дня введения проводится наблюдение за животными, регистрируются летальные исходы.

5. Выживание в опыте одного и более грызунов, говорит о существовании в данной популяции резистентных особей.

### Б) Подача препарата с приманкой

1. Минимальная группа для тестирования составляет 10 полевок (5 самцов, 5 самок).

2. За 2 дня до тестирования зверьки рассаживаются в индивидуальные клетки.

3. В день тестирования полевки получают родентицидную приманку вместо зернового корма (альтернативный корм – овощи)

3.1. при тестировании антикоагулянтов 1-го поколения, (приманка 0.15 г/кг этилфенацина по д.в.) – 3-х дневная подача по 5 г приманки на особь в день.

3.2 при тестировании антикоагулянтов 2-го поколения, (приманка 0.05 г/кг бродифакума по д.в.) – 2-х дневная подача по 5 г приманки на особь в день.

4. В течение 14 дней после подачи приманки проводится наблюдение за животными, регистрируются летальные исходы.

5. Выживание в опыте одного и более грызунов, говорит о существовании в данной популяции резистентных особей.

### 3. Оценка эффективности родентицидных препаратов

#### Опыты «без выбора»

3.1. Для полевок р. *Microtus* мало информативны опыты с предложением только зерновых кормов, как это рекомендуется в стандартных подходах [Методы лабораторных исследований...2011]. Для исключения ухудшения состояния особей из-за нарушения рациона, в опытах «без выбора» на практике у полевок кроме воды и зерновой приманки должны быть сено или трава.

#### 3.2. Опыты «без выбора» на влажной приманке.

В качестве пищевой основы приманки для полевок р. *Microtus* предлагаются нарезанные овощи, при этом возможно исключение всех остальных видов кормов.

#### Опыты без выбора зерновой приманки, с альтернативным влажным кормом

3.3. Стандартом тестирования полевок признаются опыты с частичной пищевой альтернативой в виде сочных кормов, – травы и овощей. При тестировании зерновой приманки, потребление влажных кормов и воды идет в «фоновом режиме» без измерения. Такая схема тестирования воспроизводит условия обработок в поле, где зерновая приманка предлагается на фоне питания вредителя растениями повреждаемой культуры.

#### Опыты «с выбором»

#### 3.4. Опыты «с выбором» зерновых приманок.

Такие схемы, базовые при регистрации родентицидов по ведомству Роспотребнадзора [Методы лабораторных исследований...2011], на полевках рекомендуются лишь для прояснения частных вопросов, например, при выявлении уровня избегания определенных веществ или при

подборе аттрактантов. Для исключения ухудшения состояния особей из-за нарушения рациона полевок в опытах с выбором чистого и обработанного зерна (вода в избытке) предоставляется также сено или трава, как это описано ранее.

#### 3.5. Опыты «с выбором» влажных приманок.

При использовании в качестве пищевой основы овощей, все остальные виды кормов исключаются. Полевкам предлагается выбор из обработанных и необработанных овощей в двух кормушках. Приманка и положение кормушек в клетке ежедневно меняется. Эта схема подходит для выявления уровня избегания либо аттрактивности определенного вещества. Если в дальнейшем предполагается использовать препарат и (или) на зерне, то в дальнейшем реализуют схемы опытов с зерновыми приманками.

#### 3.6. Опыты «с выбором» зерновой приманки с альтернативным влажным кормом

При тестировании зерновой приманки потребление влажных кормов и воды идет в «фоновом режиме». Для практики более важен выбор не между зерновыми кормами, а между приманкой и растениями повреждаемой культуры, которыми полевки питаются. Дополнительная схема опытов при подборе более привлекательной приманки.

Опыты с серыми полевыми р. *Microtus* проводят, контролируя определенные параметры. По генетическому составу – используются отловленные в поле грызуны или лабораторные популяции. В зависимости от решаемых задач – проводятся опыты с индивидуальной рассадкой или при групповом содержании. По схеме тестирования – различаются опыты «без выбора» и «с выбором». При этом для полевок наиболее информативны опыты на фоне альтернативных влажных кормов. На выборках из отловленных в поле полевок в первую очередь исследуется уровень резистентности в конкретных местообитаниях. Предварительно грызуны должны проходить карантин и адаптироваться к лабораторному содержанию. Важно, что при разведении полевок основателей лабораторной колонии, первое-второе поколение дает адекватную информацию об уровне резистентности исходной популяции. Исследования кормовых предпочтений и эффективности родентицидов на полевых выборках, по сути, имеют те же ограничения в интерпретации, что и тестирование полевок, лабораторного разведения. Последнее более рационально. Место вылова грызунов основателей лабораторных колоний зависит от целей будущих исследований: как правило это районы интенсивного применения родентицидов, где будут проходить регистрационные полевые опыты. При тестировании родентицидов, актуальны общие этические требования, предъявляемые к экспериментам на животных и правила для исследователей.

### Библиографический список (References)

Бабич Н.В., Яковлев А.А. Драгомиров К.А. Устойчивость обыкновенной полевки *Microtus arvalis* Pall. к антикоагулянтным родентицидам из группы 1,3-индан-дионов // В сб.: «Териофауна России и сопредельных территорий.» Материалы Международного совещания. КМК. Москва, 2007. С. 33.

Бабич Н.В., Яковлев А.А. Влияние антикоагулянтных родентицидов на лабораторную популяцию обыкновенной полевки (*Microtus arvalis* Pall.) // В сб.: Третий Всероссийский съезд по защите растений (16–20 декабря 2013 г., СПб.). Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем. Том 3. СПб., 2013. С. 6.

Баранова И.Л., Бабич Н.В., Яковлев А.А. Токсичность родентицидных приманок с 0.5%-ным этилфенацином для обыкновенной и водяной полевок в лабораторных условиях // РЭТ ИНФО, N 10, НЧНОУ «Институт пест-менеджмента» 2002. С. 36–37.

Беленький М. Л. Элементы количественной оценки фармакологического эффекта. Л.: Медгиз, 1963. 146 с.

Громов В. С. Забота о потомстве и влияние присутствия самца на формирование родительского поведения у обыкновенной полевки (*Microtus arvalis*) в лабораторных условиях // Сибирский экологический журнал, 3, Новосибирск Изд-во СО РАН 2013. С. 423–430.

- Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности/ 3.5. Дезинфектология / Руководство/ Р 4.2.2643-10 Издатель Роспотребнадзор. 2011. 614 с.
- Руководство по использованию лабораторных животных для научных и учебных целей в ПСПбГМУ им. И.П. Павлова/ И.В. Белозерцева, О.А. Драволлина, М.А. Тур / СПб.: Издательство СПбГМУ. 2014. 80 с.
- Яковлев А.А., Бабич Н.В. Мышевидные грызуны и меры борьбы с ними на сельскохозяйственных угодьях/ В.И. Долженко (ред.) /Рекомендации. М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2004. 52 с.
- Яковлев А.А., Бабич Н.В., Покровская С.Д., Долженко В.И. Биологическая эффективность антикоагулянтных родентицидов против обыкновенной и общественной полевок // Вестник защиты растений. 2. ВИЗР. 2005. С. 55–57.
- Gill J.E. A review of the results from laboratory tests of some rodenticides against eight rodent species. / Borecco J.E., Marsh R.E. (eds)/ In: Proceedings of the 15th Vertebrate Pest Conference. Published at University of California. Davis.1992. P. 182–191.
- Jokić G., Vukša M., Đedović S and Kljajić P. Laboratory testing of wood mouse and common vole sensitivity to bromadiolone, sodium selenite, and cellulose // Journal of Pest Science, Springer 2014 87 pp 309–314 DOI 10.1007/s10340-014-0554-x
- Bulletin OEPP/ EPPO 1982 Laboratory Tests for Evaluation of the Toxicity and Acceptability of Rodenticides and Rodenticide Preparations no 113 Guideline for the efficacy evaluation of rodenticides. P. 1–10.
- Bulletin OEPP/EPPO 1995a Guideline on good plant protection practice Rodent control for crop protection and on farms Bulletin 25, 709–736 (1995) no. 5.
- Bulletin. OEPP/EPPO, 1995b Efficacy evaluation of rodenticides: “Testing rodents for resistance to anticoagulant rodenticides”. Bulletin 25 PP 1/198(1) P. 575–593.
- Bulletin OEPP/ EPPO 1996a Rodent repellents against debarking of trees №200 Guideline for the efficacy evaluation of plant protection products Bulletin 26, P. 285–294.
- Bulletin OEPP/ EPPO 1996b Rodent seed repellents №199 Guideline for the efficacy evaluation of plant protection products Bulletin 26, P. 273–283.
- Bulletin OEPP/EPPO 2004 Laboratory tests for evaluation of the toxicity and acceptability of rodenticides and rodenticide preparations, PP 1/113 (2), Standards PP1. Efficacy evaluation of plant protection products miscellaneous, vol 5, 2nd ed. P. 23–35.

#### Translation of Russian References

- Babich N.V., Yakovlev A.A. The influence of anticoagulant rodenticides on laboratory colony of common vole (*Microtus arvalis* Pall.) // In: Tretij Vserossijskij sjezd po zashhite rastenij (16–20 dekabnja 2013 g., Spb.). Fitosanitarnaja optimizacija agrojekosistem. V. 3. St. Petersburg. 2013. P. 6 (In Russian).
- Babich N.V., Yakovlev A.A., Dragomirov K.A. Resistance of common vole *Microtus arvalis* Pall. to 1,3 indandione anticoagulant rodenticides // In: Teriofauna Rossii i sopredel'nykh territorij. Materialy Mezhdunarodnogo soveshchaniya. Moscow: KMK. 2007. P. 33. (In Russian).
- Baranova I.L., Babich N.V., Yakovlev A.A. Toxicity of 0.5% etilfenacin rodenticide baits against Common vole and Water vole in lab conditions // RJeT INFO, N 10. NCHNOU «Institut pest-menedzhmenta»/ 2002. P. 36–37. (In Russian).
- Belenskij M.L. Elements of quantity estimate of pharmacology effect. Leningrad: Medgiz. 1963. 146 p. (In Russian).
- Belozerceva V.I., Dravolina O.A., Tur M.A. Manual for lab animals use for scientific and educational purposes in The First Pavlov State Medical University of St. Petersburg. // St. Petersburg. 2014. 80 p. (In Russian).
- Gromov V.I. Care of the young and the effect of male presence on the parental behavior of Common Vole (*Microtus arvalis*) in captivity // Contemporary Problems of Ecology. May 2013. V. 6. Issue 3. P. 330–335. Original Russian text in Sibirskij Ekologicheskij Zhurnal 3. Novosibirsk: Izdatel'stvo SO RAN. 2013. P. 423–430. (In Russian).
- Methods of laboratory study and testing of disinfection products for evaluation of their efficacy and safety. 3.5. Dezinfektologija. Rukovodstvo. R 4.2.2643-10 // Moscow: Rospotrebnadzor. 2011. 614 p. (In Russian).
- Yakovlev A.A., Babich N.V. Small rodents and their control on agricultural grounds. In: V.I. Dolzhenko (ed.). Rekomendacii. Moscow: FGNU «Rosinformagroteh». 2004. 52 p. (In Russian).
- Yakovlev A.A., Babich N.V., Pokrovskaya S.D., Dolzhenko V.I. Biological efficiency of anticoagulant rodenticides against Common and Social voles // Vestnik zashity rastenij. N 2. VIZR. 2005. P. 55–57. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 4(98), p. 58–62

## LABORATORY METHODS OF ESTIMATION OF BIOLOGICAL EFFICIENCY OF PLANT PROTECTION RODENTICIDES FROM VOLES OF GENUS *MICROTUS*

N.V. Babich, A.A. Yakovlev

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

Long-term laboratory studies resulted in the improvement of the regime of keeping and testing of voles: *Microtus arvalis* Pall., *M. rossiaemeridionalis* Ognev and *M. socialis* Pall.. Methods of primary testing of new rodenticides and bait products, determination of LD<sub>50</sub> and estimation of resistance to anticoagulant rodenticides were adapted for gray voles of the genus *Microtus*. Rodenticides testing on laboratory bred individuals in group testing scheme included experimental reconstruction of field treatments conditions, such as cool temperature regime and alternative juicy feed. The test methods with temporally kept wild-caught *Microtus* voles were used in the study of level of resistance and bait preference in certain habitats, and also as an additional method for testing the water vole *Arvicola terrestris* L., for which the method of maintenance of laboratory colonies, evaluated for *Microtus* voles, were not applicable. New scheme of estimation of resistance level in lab conditions is based on discrimination doses, given to experimental samples of voles, i.e. 30 mg/kg of Etilfenacin in 3 days for anticoagulants of first generation, or single dose 1 mg/kg of Brodifacoum for second generation.

**Keywords:** vivarium, keeping of *Microtus* voles, rodenticide testing, anticoagulant resistance.

Received: 09.10.2018

Accepted: 20.11.2018

#### Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация

\*Бабич Наталья Васильевна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, email: natbabich@gmail.com  
Яковлев Анатолий Александрович. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, email: rodenticides@vizr.spb.ru

#### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

\*Babich Nataliya Vasilievna, senior researcher, PhD in Biology email: natbabich@gmail.com  
Yakovlev Anatoliy Aleksandrovich, Leading Researcher, PhD in Biology, email: rodenticides@vizr.spb.ru

\* Ответственный за переписку

\* Corresponding author

## ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТИЕНКАРБАЗОН-МЕТИЛА В БОРЬБЕ С ОВСЮГОМ (*AVENA FATUA* L.) В ПОСЕВАХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

А.С. Голубев

*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Полевые мелкоделяночные опыты с целью определения эффективности действия тиенкарбазон-метила на овсюг (*овес пустой* – *Avena fatua* L.) были проведены в 2013 и 2014 годах на посевах пшеницы яровой в Свердловской области, Курганской области и в Алтайском крае согласно требованиям “Методических указаний по полевому испытанию гербицидов в растениеводстве” (1981) и “Методических указаний по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве” (2013). Показано, что использование тиенкарбазон-метила (5–10 г/га) на посевах пшеницы яровой позволяет снижать засоренность *овсюгом* более чем на 70%. Контроль *овсюга* возможен начиная от самых ранних фаз его развития (путем применения по всходам сорных растений) до поздних (выход в трубку). При этом нормы применения тиенкарбазон-метила при поздних обработках необходимо повышать до 10 г/га, что позволяет добиваться 100% эффективности. Устранение конкуренции со стороны сорных растений после обработки посевов тиенкарбазон-метилом приводит к возможности сохранить до 6.9 ц/га урожая пшеницы яровой.

**Ключевые слова:** пшеница яровая, сорные растения, овсюг, гербициды, тиенкарбазон-метил.

Поступила в редакцию: 15.10.2018

Принята к печати: 20.11.2018

До недавнего времени ассортимент представленных на отечественном рынке гербицидов на основе тиенкарбазон-метила включал в себя лишь препараты для защиты кукурузы: Аденго, КС (225 г/л изоксафлютола + 90 г/л тиенкарбазон-метила + 150 г/л антидот ципросульфамида) и МайсТер Пауэр, МД (31.5 г/л форамсульфурона + 1 г/л йодосульфурон-метил-натрия + 10 г/л тиенкарбазон-метила + 15 г/л антидота ципросульфамида) [Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов..., 2016]. Высокая биологическая эффективность этих препаратов была подтверждена в многочисленных опытах, где был определен их широкий спектр действия, включающий однолетние и многолетние двудольные и злаковые сорные растения [Маханькова, 2013; Панфилов, 2015; Кузнецова, 2017]. Сейчас ассортимент гербицидов на основе тиенкарбазон-метила в нашей стране расширяется, прежде всего, за счет включения в него препаратов для защиты зерновых культур.

Появление гербицидов широкого спектра действия на зерновых культурах является актуальным направлением развития ассортимента последних лет. При этом следует

отметить одну особенность тиенкарбазон-метила, вызывающую дополнительный интерес к этой молекуле.

Известно, что в последние десятилетия важной проблемой в борьбе со злаковыми сорными растениями в посевах зерновых культур становится появление резистентных популяций этих вредных объектов [Захаренко, 2001; Спиридонов, 2011]. Решить эту проблему сложно из-за одинакового механизма действия большинства производных арилоксифенокпропионовых кислот (феноксапроп-П-этил, клодинафоп-пропаргил) – все эти граминициды подавляют синтез жирных кислот, в результате чего прекращается образование клеточных мембран в зонах роста злаковых сорняков. Одной из стратегий решения проблемы резистентности могло бы стать включение в ассортимент гербицидов иного механизма действия [Кулагин, 2012; Маханькова, 2015]. Например, препаратов-ингибиторов синтеза ацетолактатсинтазы, к которым как раз и относится тиенкарбазон-метил.

Определить эффективность действия тиенкарбазон-метила на овсюг (*овес пустой* – *Avena fatua* L.) в условиях полевых опытов было главной целью проведенных исследований.

### Материалы и методы

В качестве опытного образца нами был выбран гербицид “Велосити” в форме масляной дисперсии, содержание тиенкарбазон-метила в котором составляло 10 г/л (дополнительно в препарате содержалось 60 г/л антидота мефенпир-диэтила). Для изучения активности тиенкарбазон-метила в отношении *овсюга* были выбраны три варианта внесения этого действующего вещества, которые из расчета на гектар обрабатываемой площади составили 5; 7.5 и 10 г. Для этого использовались, соответственно, три нормы применения препарата (0.5 л/га; 0.75 л/га и 1.0 л/га), составившие первые варианты в схеме опыта.

Для определения места полученных значений эффективности тиенкарбазон-метила в сфере принятых на сегодняшний день защитных мероприятий (т.н. “точки отсчета”) схема опыта была дополнена эталонными вариантами с внесением представленного на рынке гербицида Пума Плюс, КЭ (300 г/л МЦПА кислоты + 50 г/л феноксапроп-П-этила + 12.5 г/л мефенпир-диэтила). В нормах применения 1.25–1.5 л/га этот эталон эффективно уничтожает однолетние злаковые и двудольные сорняки, то есть имеет аналогичный изучаемому гербициду спектр действия.

Затруднение, которое возникло перед нами, было связано с ограничением, связанным с рекомендованным периодом применения этого эталона – опрыскивание им посевов должно было проводиться лишь в фазу кущения культуры. Нам же хотелось оценить влияние тиенкарбазон-метила на разновозрастные растения овсюга, для чего обработку надо было проводить в более поздний период (например, когда растения пшеницы яровой достигнут фазы формирования второго междоузлия). Выход из сложившейся ситуации был найден в постановке двух опытов одновременно на одном поле: в первом из них препараты вносили в фазу кущения культуры и эталоном служил гербицид Пума Плюс, КЭ (два варианта с эталоном: в минимальной (1.25 л/га) и максимальной (1.5 л/га) нормах применения), а во втором опыте обработку проводили в фазу формирования второго междоузлия пшеницы яровой с двумя эталонами, которые разрешены для использования в это время: 0.6 л/га граминицида Пума Супер 100, КЭ (100 г/л феноксапроп-П-этила + 27 г/л антидота мефенпир-диэтила против овсюга и других злаковых сорняков и 0.1 л/га гербицида Секатор Турбо, МД (100 г/л амидосульфур-

рона + 25 г/л йодосульфурон-метил-натрия + 250 г/л антидота мефенпир-диэтила) против двудольных сорняков.

Мелкоделяночные опыты (размер делянок 25–40 м<sup>2</sup>) были заложены на посевах пшеницы яровой в районах широкого распространения овсюга (в Свердловской и Курганской областях и в Алтайском крае) согласно требованиям “Методических указаний по полевому испытанию гербицидов в растениеводстве” [1981] и “Методических указаний по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве” [2013]. Каждый вариант был представлен четырьмя повторностями.

Обработку посевов пшеницы яровой гербицидами проводили с помощью ранцевых опрыскивателей. Количество рабочей жидкости в пересчете на 1 га составляло 200–250 л.

Учет растений овсюга осуществлялся количественным методом в 4 срока: исходная засоренность посевов (до обработки),

через месяц после обработки, через полтора месяца после обработки и перед уборкой урожая пшеницы яровой.

Расчет биологической эффективности осуществлялся определением разницы между количеством сорняков (экз./м<sup>2</sup>) в контроле и в варианте с применением гербицида, которая затем относилась к общему числу сорных растений в контроле (экз./м<sup>2</sup>). Значения эффективности выражали в процентах снижения к необработанному контролю.

Учеты урожая проводили вручную (методом пробных снопов), либо комбайном “Сампо 130” (Алтайский край). Хозяйственную эффективность гербицидов рассчитывали, относя величину урожая в обработанном гербицидом варианте к величине урожая в контроле, и выражали в процентах. Статистическую обработку данных осуществляли методом дисперсионного анализа.

### Результаты и обсуждение

В 2013 году в Алтайском крае опыты были заложены на посевах пшеницы яровой сорта Алтайская 105. Перед ранней обработкой на одном квадратном метре в среднем насчитывалось 85 экземпляров овсюга (70% от общего количества сорняков в посевах). Растения этого вида имели 3–5 листьев, достигая в высоту 8–10 см. Кроме овсюга на опытном участке в значительно меньшем количестве присутствовали растения *проса сорного* (*Panicum miliaceum ssp. ruderales* (Kitagawa) Tzvelev); а из группы двудольных сорняков – щирица назадзапрокинутая (*Amaranthus retroflexus L.*), марь белая (*Chenopodium album L.*) и фаллопия вьюнковая (*Fallopia convolvulus (L.) A. Love*). Многолетние сорняки были представлены единичными экземплярами бодяка полевого (*Cirsium arvense (L.) Scop.*) и вьюнка полевого (*Convolvulus arvensis L.*). Названия сорных растений здесь и далее приведены в соответствии с работой П.Ф. Маевского “Флора средней полосы европейской части России” [2014].

Внесение 5 г/га тиенкарбазон-метила способствовало снижению количества овсюга на 95–96% (табл. 1). Увеличение нормы применения до 7.5–10 г/га приводило к полному очищению посевов пшеницы от этого вида. Преимущество в эффективности изучаемого гербицида над эталоном достигало 19%.

При более позднем внесении тиенкарбазон-метила, когда растения овсюга достигали фазы выхода в трубку,

активность гербицида была меньше на 1–3%, при этом его преимущество над эталоном сохранялось.

Урожайность пшеницы яровой в контролях составляла 23.8–23.9 ц/га (табл. 2). Эффективное устранение конкуренции со стороны сорных растений при применении тиенкарбазон-метила способствовало сохранению от 2.8 до 6.9 ц зерна с 1 га.

В Курганской области в 2013 и 2014 гг. опыты были заложены на посевах пшеницы яровой сорта Ария.

В 2013 году засоренность посевов яровой пшеницы в середине вегетационного периода превышала 300 экз./м<sup>2</sup>. Преобладающим сорняком был овсюг (более 90% от общего количества сорняков). Двудольные сорняки были представлены фаллопией вьюнковой, бодяком полевым и вьюнком полевым. В этих условиях наиболее эффективной была ранняя обработка посевов тиенкарбазон-метилом (когда растения овсюга находились в фазе всходов или только начинали куститься) из расчета 7.5 и 10 г/га. Снижение количества овсюга в этих вариантах достигало соответственно 98 и 99%, при эффективности эталонов, не превышавшей 68 и 78%. При более поздней обработке (когда растения овсюга раскустились) для их эффективного контроля требовалось 10 г/га тиенкарбазон-метила. Эффективность в этом случае достигала 88%, что на 28% превышало значение максимальной эффективности эталона.

Таблица 1. Снижение количества растений овсюга (% к контролю) при внесении тиенкарбазон-метила на посевах яровой пшеницы (2013, 2014 г.)

Регионы	Годы	Фаза развития овсюга при обработке	Варианты опыта (д.в. тиенкарбазон-метила / га)				
			5 г/га	7.5 г/га	10 г/га	эталон 1	эталон 2
Алтайский край	2013	3–5 листьев	95–96	100	100	81–85	91–93
Алтайский край	2013	выход в трубку	92–94	97–99	99–100	84–88	–
Курганская область	2013	всходы – начало кущения	41–81	66–98	78–99	35–68	45–78
Курганская область	2013	кущение	35–45	45–67	59–88	45–60	–
Курганская область	2014	всходы – начало кущения	16–58	11–76	70–96	0–62	32–70
Курганская область	2014	кущение	0–37	0–51	29–65	0–43	–
Свердловская область	2013	всходы – 4 листа	56–62	60–73	69–85	37–60	62–81
Свердловская область	2013	3 листа – кущение	0–12	0–16	9–25	5–24	–
Свердловская область	2014	всходы – 4 листа	82–96	94–96	91–100	85–97	82–100
Свердловская область	2014	3 листа – кущение	15–82	82–92	91–100	83–99	–

В 2014 году засоренность посевов пшеницы яровой была аналогичной той, что наблюдалась годом ранее (200–250 экз./м<sup>2</sup>, с преобладанием растений овсюга и небольшим количеством многолетних двудольных сорняков

– бодяка полевого и вьюнка полевого). После обильных осадков во второй и третьей декадах июля 2014 года наблюдалась многочисленная «вторая волна» всходов растений овсюга, в результате которой показатели биологиче-



ской эффективности гербицидов заметно снизились. При применении тиенкарбазон-метила на ранних фазах развития овсюга (всходы, начало кушения) его эффективность достигала 58% (5 г/га), 76% (7.5 г/га) и 96% (10 г/га); при более позднем использовании гербицида (фаза полного кушения сорных растений) – 37%, 51% и 65% соответственно. Следует отметить, что эффективность эталонов не превышала 62 и 70% (при раннем внесении) и 43% (при позднем).

Урожайность пшеницы яровой в Курганской области была чрезвычайно низкой из-за экстремальных погодных условий, наблюдавшихся в годы проведения исследований.

Условия вегетации 2013 года характеризовались крайней неравномерностью гидротермических факторов. Благоприятные условия увлажнения в мае сменились июньской засухой, которая привела к значительному угнетению растений пшеницы яровой. В необработанных контролях в этот год было получено всего лишь 7.7 и 8.5 ц/га зерна.

Отсутствие продуктивного увлажнения в мае и июне 2014 года сильно снизило урожайность яровой пшеницы,

особенно по непаровым предшественникам. Повышенное увлажнение в июле спровоцировало обильное кушение пшеницы яровой, за счет чего сформировалось 2 яруса стеблестоя с разницей по фазам развития более 20 дней, что осложнило уборку культуры. В этот год в контролях было получено 4.4 и 4.7 ц/га.

Несмотря на низкую урожайность пшеницы яровой, использование тиенкарбазон-метила на ранних стадиях развития овсюга обеспечивало сохранение значимой части урожая культуры: в 2013 году – 2.8–4.1 ц/га; в 2014 году – 1.0–2.6 ц/га (в зависимости от нормы применения гербицида). При поздних обработках прибавки по урожайности были меньшими, однако существенными во всех случаях, за исключением использования минимальной нормы применения в 2013 году. В этом отношении применение эталонов было менее предпочтительным, так как лишь однажды достоверно обеспечило повышенную по сравнению с контролем урожайность.

Таблица 2. Хозяйственная эффективность использования тиенкарбазон-метила в борьбе с овсюгом и сопутствующими сорняками в посевах яровой пшеницы (2013, 2014 г.)

Регионы	Годы исследований	Фаза культуры при обработке	Урожайность в контроле, ц/га	Урожайность в вариантах с обработкой, ц/га					НСР <sub>05</sub>
				5 г/га	7.5 г/га	10 г/га	эталон 1	эталон 2	
Алтайский край	2013	кушение	23.9	29.6	30.0	30.8	28.8	29.8	1.4
Алтайский край	2013	трубка	23.8	26.6	28.9	28.7	25.6	26.2	1.6
Курганская область	2013	кушение	7.7	10.5	12.2	11.8	9.6	10.7	1.3
Курганская область	2013	трубка	8.5	9.4	11.1	10.4	9.9	9.5	1.3
Курганская область	2014	кушение	4.4	5.4	6.1	7.0	5.7	6.0	1.0
Курганская область	2014	трубка	4.7	5.6	6.6	6.4	5.5	5.1	0.9
Свердловская область	2013	кушение	1.9	1.4	15.2	15.1	15.1	15.3	4.1
Свердловская область	2013	трубка	1.8	11.7	12.0	11.9	12.0	11.3	3.5
Свердловская область	2014	кушение	3.5	32.4	33.3	30.8	31.1	32.4	3.9
Свердловская область	2014	трубка	3.1	33.0	31.8	32.3	32.1	31.1	3.2

В Свердловской области опыты проводились на посевах пшеницы яровой сорта Ирень.

В 2013 году общая засоренность опытного участка до проведения обработки составляла 95 экз./м<sup>2</sup>. Преобладали овсюг (38 экз./м<sup>2</sup>), щетинник зеленый (*Setaria viridis* (L.) Beauv.), подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), марь белая и дымянка лекарственная (*Fumaria officinalis* L.). Молодые растения овсюга в фазах от всходов до 4 листьев были чувствительны к внесению тиенкарбазон-метила. Снижение их количества при внесении 10 г/га этого действующего вещества достигало 85% (при использовании эталона в максимальной норме – 81%). Эффективность поздней обработки (до фазы кушения у растений овсюга, включительно) была значительно ниже, хотя в максимальной норме применения и не уступала эффективности эталона.

В 2014 году засоренность посевов пшеницы яровой овсюгом в период проведения опыта не превышала

17 экз./м<sup>2</sup>. На опытном участке также присутствовали осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), бодяк полевой, ежовник обыкновенный (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.), щетинник зеленый и некоторые другие виды сорных растений. При относительно небольшой численности овсюга степень его подавления тиенкарбазон-метилом достигала 100%, как при раннем (от всходов до 4 листьев сорняка), так и при позднем (до фазы кушения) внесении 10 г/га этого действующего вещества.

Во всех опытах, проведенных в Свердловской области, внесение гербицидов имело определенную хозяйственную эффективность, однако значимость ее не имела статистического подтверждения (возможно, из-за неравномерности распределения присутствующих в посевах многолетних корнеотпрысковых сорняков по площади опытного участка).

### Заключение

Полученные в ходе проведенных исследований результаты свидетельствуют о том, что использование тиенкарбазон-метила (5–10 г/га) на посевах пшеницы яровой позволяет снижать засоренность овсюгом более чем на 70%. Устранение конкуренции со стороны сорных растений

после обработки посевов тиенкарбазон-метилом способствует сохранению до 6.9 ц/га урожая пшеницы яровой.

Существует прямая зависимость между количеством вносимого на гектар гербицида и его эффективностью –

добиться 100% эффективности позволяет его использование в максимальной (10 г/га) норме применения.

Контроль овсяга возможен начиная от самых ранних фаз его развития (путем применения по всходам сорных растений) до поздних (выход в трубку). При этом нормы применения тиенкарбазон-метила при поздних обработках необходимо повышать до 10 г/га.

Автор выражает благодарность Г.Я. Стецову, В.В. Немченко, А.Э. Снегиреву и другим сотрудникам, принимавшим участие в проведении полевых исследований.

#### Библиографический список (References)

- Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М.: 2016.
- Захаренко В.А. Проблема резистентности вредных организмов к пестицидам – мировая проблема / Вестник защиты растений. 2001. N1. С. 3–17.
- Кузнецова С.В., Губа Е.И. Гербициды для раннеспелых и среднеранних гибридов кукурузы / Защита и карантин растений. 2017. N 7. С. 48–49.
- Кулагин О.В. Устойчивость однолетних мятликовых сорняков к гербицидам / Защита и карантин растений. 2012. N 11. С. 12–15.
- Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 635 с.
- Маханькова Т.А., Голубев А.С., Борушко П.И. Новый гербицид аденго для защиты кукурузы / Защита и карантин растений. 2013. N 3. С. 29–31.
- Маханькова Т.А., Голубев А.С., Борушко П.И. Антирезистентная политика в защите пшеницы от сорных растений / Инновационные экологически безопасные технологии защиты растений. Материалы международной научной конференции / 24–25 сентября 2015 г. / Алматы, 2015. С. 547–552.
- Методические указания по полевому испытанию гербицидов в растениеводстве. М: ВНИИЭСХ, 1981. 46 с.
- Методические указания по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве (под редакцией В.И. Долженко). СПб: МСХ, РАС-ХН, ВИЗР, 2013. 280 с.
- Панфилов А.Э., Ильин В.С., Сайтов С.Б. МайсТер Пауэр в посевах кукурузы / Защита и карантин растений. 2015. N 5. С. 16–17.
- Спиридонов Ю.Я., Жемчужин С.Г. Современное состояние проблемы применения гербицидов (обзор публикаций за 2008–2009 гг.) / Агрохимия. 2011. N 9. С. 82–94.

#### Translation of Russian References

- Guidelines for field test of herbicides in crop production. Moscow: VNIIESH, 1981. 46 p. (In Russian).
- Guidelines for registration trials of herbicides in agriculture (V.I. Dolzhenko, ed.). St. Petersburg: MSH, RASHN, VIZR, 2013. 280 p. (In Russian).
- Kulagin O.V. Resistance of annual bluegrass weeds to herbicides / Zashchita i karantin rasteniy. 2012. N 11. P. 12–15. (In Russian).
- Kuznetsova S.V., Guba E.I. Herbicides for early and medium early maize hybrids / Zashchita i karantin rasteniy. 2017. N 7. P. 48–49. (In Russian).
- Maevskij P.F. Flora of the middle belt of the European part of Russia. 11th ed. Moscow: Tovarishestvo nauchnyh izdanij KMK, 2014. 635 p. (In Russian).
- Mahankova T.A., Golubev A.S., Borushko P.I. Anti-resistance policy in the protection of wheat from weeds / Innovatsionnyie ekologicheski bezopasnyie tehnologii zaschityi rasteniy. Materialyi mezhdunarodnoy Plant Protection News, 2018, 4(98), p. 63–66
- nauchnoy konferentsii / 24–25 sentyabrya 2015 g. / Almaty, 2015. P. 547–552. (In Russian).
- Mahankova T.A., Golubev A.S., Borushko P.I. New herbicide Adengo to protect corn / Zashchita i karantin rasteniy. 2013. N 3. P. 29–31. (In Russian).
- Panfilov A.E., Ilin V.S., Saitov S.B. Maister Power in Corn / Zashchita i karantin rasteniy. 2015. N 5. P. 16–17. (In Russian).
- Spiridonov Yu.Ya., Zhemchuzhin S.G. The current state of the problem of the use of herbicides (review of publications for 2008–2009) / Agrohimiya. 2011. N 9. P. 82–94. (In Russian).
- State Catalog of Pesticides and Agrochemicals Permitted for Use in the Territory of the Russian Federation. Moscow, 2016 (In Russian).
- Zaharenko V.A. The problem of pest resistance to pesticides is a global problem / Vestnik zaschityi rasteniy. 2001. N 1. P. 3–17. (In Russian).

## STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF THIENCARBAZONE-METHYL AGAINST WILD OAT *AVENA FATUA* IN SPRING WHEAT

A.S. Golubev

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

Trials to determine the effectiveness of the thien carbazole-methyl on wild oat (*Avena fatua* L.) were conducted in 2013 and 2014. The experiments were carried out on spring wheat in Sverdlovsk, Kurgan and Altai regions in accordance with the requirements of the “Guidelines for field test of herbicides in crop production» (1981) and «Guidelines for registration trials of herbicides in agriculture» (2013). According to results, the use of thien carbazole-methyl (5–10 g a.i./ha) on spring wheat crops allows to reduce *Avena fatua* plants by more than 70%. Wild oat control is possible in a wide range from the earliest phases (sprouting weeds) to late phase (booting). At the same time, the application rates of thien carbazole-methyl for later treatments should be increased to 10 g a.i./ha, which allows achieving 100% efficiency. Eliminating competition from weeds after thien carbazole-methyl treatment makes it possible to harvest additionally up to 6.9 centner/ha of spring wheat.

**Keywords:** spring wheat, weed, wild oat, herbicide, thien carbazole-methyl.

Received: 15.10.2018

Accepted: 20.11.2018

#### Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация  
Голубев Артем Сергеевич. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: golubev100@mail.ru

#### Information about the author

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation  
Golubev Artem Sergeevich. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: golubev100@mail.ru

## УСТОЙЧИВОСТЬ К ВЫСУШИВАНИЮ РАЗНОВОЗРАСТНОГО МИЦЕЛИЯ ШТАММОВ *STAGONOSPORA CIRSIII*

Н.А. Павлова, С.В. Сокорнова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Выбор штамма-продуцента – важный этап разработки технологии получения микогербицидов. Для разработки препаратов долгосрочного хранения оценивали микогербицидные свойства различных штаммов *Stagonospora cirsiii*, а именно влияние высушивания на жизнеспособность и патогенность мицелия. В работе использовали штаммы *Stagonospora cirsiii* С-163 и С-252, выделенные из некротических пятен на листьях бодяка полевого, и штаммы *S. cirsiii* О-15.35 и S-47, обнаруженные на осоте розовом. Штаммы при глубинном культивировании на оптимизированной по выходу глубинного вирулентного мицелия сахарозо-соевой питательной среде обладали различной скоростью роста, 10 г/сутки и 9 г/сутки для *S. cirsiii* С-163 и О-15.35, а также 5 г/сутки и 3 г/сутки для *S. cirsiii* С-252 и S-47, соответственно. Наименьшие потери жизнеспособности пропагул при высушивании наблюдались в начале стационарной стадии роста. Как в случае сырого, так и в случае высушенного мицелия наиболее патогенный инфекционный материал образовывался в середине экспоненциальной фазы роста штаммом *S. cirsiii* С-163 в отношении бодяка полевого и штаммом *S. cirsiii* С-О-15.35 в отношении осота розового. Данные штаммы могут служить основой для дальнейшей работы по разработке препаратов длительного хранения.

**Ключевые слова:** *Stagonospora cirsiii* штаммы С-163, С-252, О-15.35, S-47, микогербициды, бодяк полевой, осот розовый, жизнеспособность, патогенность, высушивание.

Поступила в редакцию: 30.10.2018

Принята к печати: 20.11.2018

Более 50 лет ведутся научные исследования, направленные на разработку способов биологической борьбы с сорными растениями на основе фитопатогенных грибов [Cordeau, 2016]. При оценке свойств потенциальных микогербицидов большое внимание уделяется повышению стабильности препаратов в полевых условиях и при хранении. Поэтому оценка устойчивости инфекционных единиц штаммов-продуцентов к различным стресс-факторам проводится уже на ранних стадиях разработки препарата [Bailey, 2014].

Показано, что мицелий *S. cirsiii* С-163 может служить основой микогербицида для борьбы с бодяком полевым

(*Cirsium arvense*) [Берестецкий и др., 2014]. Однако, как и в случае других микогербицидов, инфекционным началом которых служит мицелий, потери жизнеспособности мицелия *S. cirsiii* С-163 при высушивании велики [Павлова и др., 2018; Qiang et al., 2006]. Целью данной работы была оценка микогербицидных свойств, а именно выживаемости и патогенности мицелия разновозрастных штаммов С-163, С-252, О-15.35 и S-47 *S. cirsiii* при высушивании. Выбор штаммов обуславливался приуроченностью к различным растениям-хозяевам. Штамм *S. cirsiii* С-163 был выбран, как модельный, так как его микогербицидные свойства были изучены ранее (Берестецкий и др., 2014).

### Материалы и методы

В работе использованы штаммы С-163, С-252, О-15.35 и S-47 *S. cirsiii* из рабочей коллекции лаборатории фитотоксикологии и биотехнологии ВИЗР. Штаммы С-163 и С-252 были выделены в чистую культуру из некротических пятен на листьях бодяка полевого, штаммы О-15.35 и S-47 получены из некротических пятен на листьях осота розового. Штаммы хранили при 5 °С в пробирках на скошенном картофельно-глюкозном агаре (КГА). Для получения посевного материала штаммы культивировали 2 недели на КГА при 24 °С в темноте. Мицелий выращивали в 250 мл колбах Эрленмейра, содержащих 50 мл сахарозо-соевой питательной среды (СС) следующего состава: сахароза – 30 г/л, соевая мука – 14.0 г/л,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 1.0 г/л,  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  – 0.5 г/л. Посев производили 2-мя блоками посевной культуры диаметром 5 мм. Культивирование осуществляли в термостатируемой орбитальной качалке Innova 42 (Edison, NJ, USA) при 180 об/мин и температуре 24 °С. Высушивание биомассы в тонком слое осуществляли в термостате с циркуляцией воздуха (ТСО-200 СПУ, Россия) при температуре 33 °С в течение 5 ч.

Перед оценкой патогенности 200 мг высушенного мицелия помещали в 50 мл стерильной воды и ставили на 1 час на орби-

тальную качалку ELMi Shaker S.3.01 (Latvia) при 180 об/мин и температуре 24±2 °С, далее измельчали на бытовом блендере в течение 40 с (размер фрагментов мицелия около 180 мкм). Затем методом последовательных разведений получали суспензию в концентрациях 12.5, 25 и 50 мг/мл. Листовые высечки бодяка и осота размером 0.8 см в диаметре инокулировали водной суспензией (1 капля объемом 5 мкл) мицелия в различных концентрациях. Инкубировали во влажной камере (герметичном прозрачном пластиковом контейнере с увлажненной фильтровальной бумагой) при температуре 24 °С и периодическом 12-ч освещении. Через 48 ч после заражения проводили учет площади некрозов, образующихся на высечках из листовых дисков по отношению к общей площади [Сокоорнова, Берестецкий 2018]. Выход биомассы и количество жизнеспособных единиц (КОЕ/г) оценивали общепринятыми микологическими методами [Методы..., 1982]. Опыты проводили дважды не менее чем в 4-х повторностях.

Для оценки полученных результатов использовали метод множественного сравнения при уровне значимости 5% [Доспехов, 1985]. Статистические расчеты выполняли с помощью программного обеспечения MS Excel 2007.

### Результаты и обсуждение

Анализ динамики роста штаммов при глубинном культивировании на оптимизированной по выходу глубинного вирулентного мицелия сахарозо-соевой питательной среде, выявил два быстрорастущих С-163 и О-15.35 и два

медленнорастущих штамма S-47 и С-252. Скорость роста в экспоненциальной фазе составляла для С-163 и О-15.35 10 г/сутки и 9 г/сутки, а для S-47 и С-252 – 5 г/сутки и 3 г/сутки, соответственно. Для всех рассматриваемых

штаммов начало стационарной фазы наступало на 6 сутки (рис. 1). Максимальный выход сухого мицелия составлял у штамма *S. cirsi* C-163 – 20 г/л, а у штамма O-15.35 – 18 г/л. Таким образом, выход мицелия штамма O-15.35 на сахарозо-соевой питательной среде соизмерим с выходом мицелия модельного штамма *S. cirsi* C-163, потенциального микогербицида бодяка полевого.

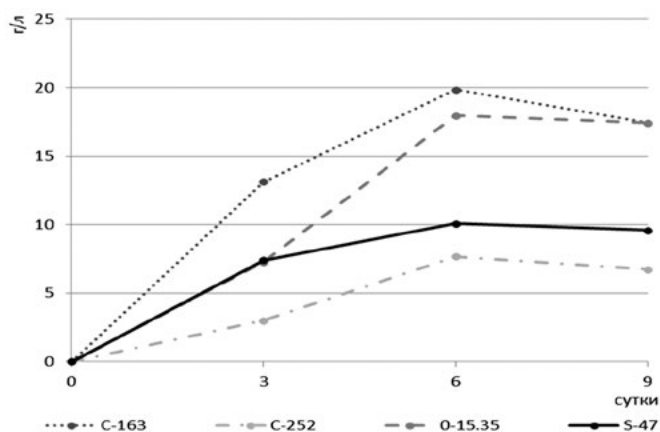


Рисунок 1. Динамика роста штаммов C-163, C-252, O-15.35, S-47 *S. cirsi* при глубинном культивировании на сахарозо-соевой питательной среде, НСР<sub>0.05</sub>=0.2

Для всех анализируемых штаммов высушивание различным образом влияло на микогербицидные свойства мицелия *S. cirsi* разного возраста. Тем не менее, количество жизнеспособных единиц на грамм материала после сушки для всех штаммов существенно уменьшалось. Анализ КОЕ высушенного мицелия достоверно показывает, что наилучшими микогербицидными свойствами обладает мицелий *S. cirsi*, находящийся в начале стационарной фазы роста (рис.2). Устойчивость к температурному воздействию такого мицелия для всех штаммов была в 1.2–2 раза выше, чем для мицелия в экспоненциальной фазе роста. Учитывая, что выход и жизнеспособность мицелия в начале стационарной фазы роста выше, чем в середине экспоненциальной и поздней стационарной фазах роста, применение мицелия штаммов *S. cirsi* в начале стационарной фазы роста считаем технологически обоснованным.

Патогенность высушенного мицелия также у всех исследованных штаммов была различной и зависела от возраста культуры (рис. 3). Наиболее патогенными были быстрорастущие на оптимизированной сахарозо-соевой среде штаммы: *S. cirsi* C-163 в отношении бодяка полевого и *S. cirsi* O-15.35 в отношении осота розового.

Сравнение инфекционной нагрузки, необходимой для 50% поражения листьев на 2-е сутки развития заболевания растения-хозяина, показало, что высушенный мицелий штаммов *S. cirsi* C-163 и *S. cirsi* O-15.35, находящихся в середине экспоненциальной фазы роста, был достоверно более патогенный, чем высушенный мицелий других возрастов. Инфекционная нагрузка в этом случае составляла  $2.2 \pm 0.2 \cdot 10^4$  и  $1.8 \pm 0.2 \cdot 10^4$  КОЕ/г, соответственно (рис. 3). Ранее подобная тенденция была показана для сырого мицелия *S. cirsi* C-163, полученного в аналогичных условиях культивирования [Сокоорнова, Берестецкий, 2018].

Сравнительный анализ биохимического состава мицелия разного возраста, на примере штаммов *S. cirsi*, на наш взгляд, сможет выявить новые факторы патогенеза этого узко специализированного патогена.

Проведенные исследования важны для решения проблемы устойчивости к высушиванию мицелия *S. cirsi*.

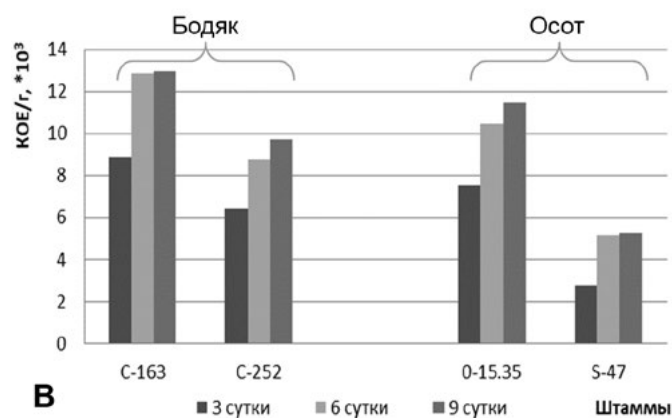
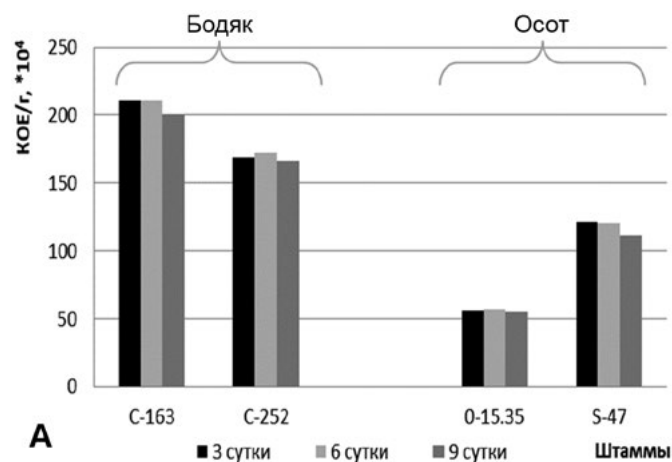


Рисунок 2. Количество жизнеспособных единиц до и после высушивания разновозрастного мицелия штаммов *S. cirsi*. А – сырой мицелий: влажность  $86.0 \pm 0.8\%$ , НСР<sub>0.05</sub>= $2.0 \cdot 10^4$ ; В – сухой мицелий НСР<sub>0.05</sub>= $2.3 \cdot 10^3$

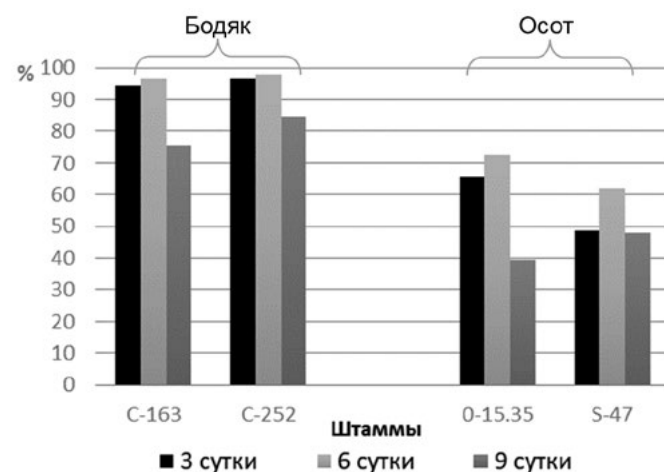


Рисунок 3. Патогенные свойства мицелия штаммов *S. cirsi* разного возраста. НСР<sub>0.05</sub>=12.0.

## Библиографический список (References)

- Берестецкий А.О. Штамм гриба *Stagonospora cirsi* Davis 1.41, обладающий гербицидной активностью против бодяка полевого / Берестецкий А.О., Кашина С.А., Сокорнова С.В. // 2014. Патент РФ № 2515899.
- Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. Справочник / В.И. Билай // Киев: Наукова Думка, 1982. 550 с.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований [Текст] / Б.А. Доспехов // М.: Колос, 1979. 416 с.
- Павлова Н.А., Сокорнова С.В., Берестецкий А.О. Влияние возраста мицелия фитопатогенного гриба *Stagonospora cirsi* C-163 на сохранность его микогербицидных свойств при высушивании / Н.А. Павлова, С.В. Сокорнова, А.О. Берестецкий // Вестник защиты растений. 2017, N4. С. 51–53.
- Сокорнова С.В., Берестецкий А.О. Получение вирулентного глубинного мицелия *Stagonospora cirsi* C-163- потенциального микогербицида для борьбы с бодяком полевым *Cirsium arvense* (L.) Scop. / С.В. Сокорнова, А.О. Берестецкий // Сельскохозяйственная биология. 2018. Том 53. N5. С. 1054–1061.
- Cordeau S. Bioherbicides: Dead in the water? A review of the existing products for integrated weed management / S. Cordeau // Crop protection. 2016. Vol. 87. P. 44–49.
- Bailey K.L. The bioherbicide approach to weed control using plant pathogens / K.L. Bailey // In: Integrated pest management: current concepts and ecological perspective / D.P. Abrol (ed.). San Diego, Academic Press. 2014. P. 245.
- Qiang S. Mycelium of *Alternaria alternata* as a potential biological control agent for *Eupatorium adenophorum* / S. Qiang, Y. Zhu, B. A. Summerell, Y. Li // Biocontrol Science and Technology. Vol. 16, N 7. 2006. P. 653–668.

## Translation of Russian References

- Berestetskiy A.O., Kashina S.A., Sokornova S.V. Strain of fungus *Stagonospora cirsi* Davis 1.42 having herbicidal activity against *Canada thistle*. RU Patent N 2515899. (In Russian).
- Bilay V.I. Methods of experimental mycology. Handbook. Kiev. Naukova Dumka. 1982. 550 p. (In Russian).
- Dospikhov B.A. Method of field experiment with bases of statistical processing of results of researches. // Moscow: Kolos, 1979. 416 p. (In Russian).
- Pavlova N.A., Sokornova S.V., Berestetskiy A.O. Influence of age of mycelium of the phytopathogenic fungus *Stagonospora cirsi*-163 to the safety of his mycoherbicide properties when dried. // Vestnik zashchity rastenij. 2017, N 4. P. 51–53. (In Russian).
- Sokornova S.V., Berestetskiy A.O. Getting virulent submerged mycelium *Stagonospora cirsi*-163 – potential mycoherbicide to combat field Thistle *Cirsium arvense* (L.) Scop. // Selskohozyajstvennaya biologiya. 2018, V 53. N 5. P. 1054–1061. (In Russian).

Plant Protection News, 2018, 4(98), p. 67–69

EFFECT OF DRYING ON VIABILITY OF DIFFERENT AGES MYCELIUM OF *STAGONOSPORA CIRCII*

N.A. Pavlova, S.V. Sokornova

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

The choice of a producer strain is an important stage in the development of mycoherbicides technology. Developing storage formulations, the mycoherbicidal properties of various strains of *Stagonospora cirsi* were evaluated. The strains C-163 and C-252, isolated from necrotic spots of *Cirsium arvense*, and strains O-15.35 and S-47, found on *Sonchus arvensis* was used. The strains had a different growth rate of 10 g/day and 9 g/day for strains C-163 and O-15.35, as well as 5 g/day and 3 g/day for strains C-252 and S-47. The smallest loss of viability of propagules during drying is observed at the early stationary growth phase. The most pathogenic mycelium is *S. cirsi* C-163 and *S. cirsi* O-15.35. The most pathogenic dried mycelium of *S. cirsi* C-163 and *S. cirsi* O-15.35 is formed in the middle of the exponential phase. These strains can serve as the basis for further work on the development of long-term storage formulations.

**Keywords:** *Stagonospora cirsi*, mycoherbicides, *Sonchus arvensis*, *Cirsium arvense*, viability, pathogenicity, drying.

Received: 30.10.2018

Accepted: 20.11.2018

## Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация  
Павлова Наталья Александровна. Научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: nat5356@yandex.ru  
\*Сокорнова Софья Валерьевна. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: svokornova@vizr.spb.ru

## Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation  
Pavlova Natalya Aleksandrovna. Researcher, PhD in Biology, e-mail: nat5356@yandex.ru  
\*Sokornova Sonie V. Leading researcher, PhD in Biology, e-mail: svokornova@vizr.spb.ru

\* Ответственный за переписку

\* Corresponding author

## ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ НА СОСТОЯНИЕ И УРОЖАЙ НАСАЖДЕНИЙ ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ

В.В. Нефедов

*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Определены основные почвенные факторы, оказывающие влияние на состояние насаждений чёрной смородины. Определена «сила» влияния каждого фактора. Результаты предварительной оценки почвенного профиля позволяют прогнозировать будущий урожай и планировать мероприятия по улучшению конкретного участка.

**Ключевые слова:** строение почвенного профиля, эффект почвенных факторов, улучшение почв, развитие корневой системы чёрной смородины.

*Поступила в редакцию: 09.10.2018*

*Принята к печати: 20.11.2018*

**Введение.** Исследования проводились на основе существующих плантаций чёрной смородины Северо - Запада России. Наблюдения показали, что при относительно одинаковой агротехнике возделывания культуры в хозяйствах, наблюдается резкое различие в состоянии растений (даже в пределах одного участка, где уход и сорт одинаковы), в связи с большой пестротой почвенных разностей. Но это же обстоятельство позволяет сравнивать состояние насаждений на отдельных элементах конкретных местоположений и определять роль почвенных факторов. Влияние удобрений изучено достаточно хорошо, но еще недостаточно изучалось значение физических особенностей грунта и их изменение под влиянием приёмов агротехники. Исследования проводились в 80-х годах прошлого столетия с дополнением современных наблюдений.

### Материалы и методы

В результате исследований отмечено, что хорошее и отличное состояние растений возможно при различном сочетании отдельных, иногда совершенно разных почвенных факторов, то есть существует определённый комплекс особенностей почвы, который может быть обеспечен на основе разных комбинаций отдельных факторов. (Изучались относительно ровные участки, чтобы исключить влияние элементов рельефа). Это строение почвенного профиля, механический состав отдельных слоёв, их структура и плотность сложения, а также мощность.

В результате нами составлена почвенная шкала (табл. 1) и шкала влияния на состояние растений наиболее значимых почвенных факторов (табл. 2). Таксация насаждений проводилась по расширенной 6 балльной шкале, традиционной для агрономов. Учет в баллах принят в садоводстве [3].

- 5 – отличное состояние растений
- 4 – хорошее
- 3 – удовлетворительное
- 2 – угнетённые растения
- 1 – растения на грани гибели
- 0 – гибель растения

Количество учётных растений каждого балла умножается на соответствующий балл и сумма произведений делится на общее количество учётных растений, умноженных на высший балл. Результат в процентах (КН%) будет характеризовать состояние данного насаждения сравнительно с элитным насаждением того же возраста. Наблюдались наиболее распространённые в то время сорта Голубка, Карельская, Память Жучкова. Анализ грунта проводился кроме раскопок также использованием дополнительно и тростевого бура [2].

### Результаты

В таблице 1 приведены усредненные данные по состоянию насаждений смородины полного возраста старше 3-х лет. В таблице 2 приводится анализ влияния отдельных агротехнических приёмов улучшения почвенного профиля.

В зависимости от строения почвенного профиля корневая система смородины развивается в наиболее благоприятном слое почвы (табл. 3). Это позволяет ввести понятие “корнеобитаемого объема” грунта. Наши исследования позволили установить, что наличие многолетних скелетных корней в определенном объеме грунта наиболее значимый показатель благоприятных условий в этой зоне. Обрастающие корни могут ежегодно образовываться и отмирать также и в зоне нестабильного водно-воздушного режима – вблизи поверхности почвы или на глубине очень плотных почв (в периоды засухи), но здесь невозможно образование многолетних корней. Данные таблицы 3 иллюстрируют благоприятное значение хорошего дренажа на глубинах 35–50 см в сочетании с мощным горизонтом А.

Предполагалось (и подтвердилось), что определенному значению кондиционности должна соответствовать определенная средняя многолетняя урожайность. Следовательно, если знать кондиционность данной почвенной разности – можно вычислить и прогнозировать урожайность для конкретного участка. «Цена» кондиционности меняется в зависимости от периода, за который проводится расчет. Целесообразно использовать период основных промышленных урожаев 3–4 года. В среднем “цена” кондиционности составляет 0.66 ц ягод на 1 га на единицу кондиционности насаждения. Этот показатель также вычислен как средний для наиболее распространённых сортов. Но с учётом лучших сортов «цена» составляет 1–1.2 ц ягод, а для устаревших сортов – 0.03–0.2 ц ягод на гектар.

В таблице 4 приведены показатели двух первых урожаев лучших сортов старого опыта 1979 года закладки и современного опыта 2014 года закладки. Средний урожай морально устаревших сортов на участке высокого бонитета оказался в 1.8 раза выше урожая лучших современных сортов ограниченного пригодного участка [4]. Разница могла быть ещё значительнее при использовании одинакового сортимента. Сорт является определяющим элементом в экосистеме [1].

### Обсуждение

Почвы легкого механического состава можно улучшить увеличивая мощность и однородность горизонта

Таблица 1. Кондиционность насаждений смородины в зависимости от морфологического строения почвенного профиля и его механического состава, %

Механический состав почвы	Кондиционность насаждения, %			
	Морфологическое строение профиля почвы			
	A1+E+B+C	A+AB+B+C A+EB+B+C	A+BC+C	A+B+C
Супесчаные	–	–	32	75
Легкосуглинистые на супеси или на песке	44	60	–	95
Легкосуглинистые на легком суглинке	–	–	75	92
Легкосуглинистые на среднем суглинке	61	58	–	69
Легкосуглинистые на тяжелом суглинке	51	63	92	86
Среднесуглинистые на тяжелом суглинке	–	66	–	79

Таблица 2. Влияние основных почвенных факторов на кондиционность насаждений черной смородины

Элементы различий строения профиля почвы	Кондиционность насаждений смородины, КН %
<b>Супесчаные почвы</b>	
До окультуривания обладают маломощным горизонтом А, структура не выражена, дренажные свойства чрезмерны (основной недостаток – низкое содержание гумуса и перепады режима увлажнения)	32
То же строение профиля - но наблюдается наличие подзолистого горизонта А2 (фактор неблагоприятный, но при этом режим увлажнения не имеет резких колебаний – это повышает кондиционность насаждений ... + 12%)	44
Наличие горизонта АВ вместо горизонта А2 (результат окультуривания ... кондиционность + 16%).	60
Слияние горизонта А1 и АВ в едином горизонте А – как результат дальнейшего окультуривания (еще + 12%)	72
То же – при наличии развитого горизонта В1 (+ 14%)	86
То же – при наличии горизонта ВС (характеризует хорошие дренажные свойства профиля почвы и добавляет еще 4–5 % кондиционности насаждению)	90
<b>Легкосуглинистые почвы</b>	
Дерново-среднеподзолистая почва при неглубоком залегании горизонта А2 и при маломощном горизонте А1	45
Внесение торфа в зону горизонта А1 (добавляет 11 % кондиционности насаждениям смородины)	56
Образование горизонта АВ вместо горизонта А2, или (как вариант – глубокое, более 30 см, залегание горизонта А2) Добавляет 9–10% кондиционности насаждениям смородины	65
Слияние горизонта АВ с горизонтом А, в результате формируется разновидность профиля А+В+С (9–10% единиц кондиционности)	75
Увеличение мощности горизонта А до 35–40 см	82
Обогащение почвы с поверхности органическим веществом (мульчирование)	93
<b>Легкосуглинистые почвы на тяжелом суглинке</b>	
Почва плотного сложения, горизонт А маломощный, почти не сформирован. Разновидность А1+А2+В1+ВС (непригодна для закладки насаждений, но локально вклинивается иногда в конфигурацию поля)	20
Увеличение рыхлости и плодородия пахотного горизонта А. Переход горизонта А2 в форму А2В (добавляет 35% единиц кондиционности насаждений)	55
Создание условий смещения остаточного подзолистого процесса (А2В) на глубину. Наблюдается (на стенке шурфа) в форме белесых затеков, в отличие от четко выраженного белесого горизонта А2 предыдущей разновидности. Формируется разновидность А+АВ+В+С (добавляет 10% кондиционности)	65
Ореховатая или призматическая структура горизонта В при исчезновении внешне заметных следов оподзоливания способствует благоприятным дренажным свойствам почвы (добавляет 15% кондиционности)	80
Дальнейшее улучшение – слияние горизонтов А и АВ, также расширение горизонта В на глубину (формируется горизонт ВС)	84–88
Обогащение торфокомпостом горизонта А с поверхности и на глубину до 20 см (добавляет в среднем 10% кондиционности)	90–95

Таблица 3. Влияние корнеобитаемого объема грунта на кондиционность насаждения черной смородины

Предельная глубина роста корневой системы смородины, см	Кондиционность насаждения, %
20–25	54
30–35	67
35–40	70
50–60	79

Таблица 4. Сравнительный урожай по четырём лучшим сортам двух опытов – иллюстрация значения роли участка

Сорт или гибрид современного опыта 2016 г	Первые два урожая ягод в пересчёте ц/га	Сорт или гибрид опыта 1979 г	Первые два урожая ягод в пересчёте ц/га
8-20-9	102.3	Стахановка Алтай	155
Дачница	52.1	Фёдоровская	99
Орловская Серенада	40.9	Лунная	102
Бирюлёвская	43.6	Космическая	88
Среднее по лучшим сортам	<b>59.7</b>		<b>111</b>
<b>Участок низкого бонитета</b>		<b>Участок высокого бонитета</b>	



Рисунок 1. Иллюстрация развития корневой системы смородины на рыхлых, структурных (слева) и плотных почвах (справа)

А внесением органических материалов с постепенным углублением вспашкой. Суглинистые почвы с заметным подзолистым процессом улучшаются после постепенного окультуривания горизонта А<sub>2</sub> путем разрыхления и внесения органических удобрений – этот горизонт переходит

в форму АВ, а затем и полностью сливается с горизонтом А. Процесс улучшения во многом зависит от характера подстилающих горизонтов. На некоторых почвах раскопки обнаруживают благоприятное постепенное возрастание плотности грунта с глубиной, также благоприятны двучленные наносы, когда супесчаные слои подстилаются суглинками или супесью с элементами глины. Сквашность тяжелой почвы улучшается при наличии структуры, а для легких почв структура имеет меньшее значение.

Увеличение дренажных свойств профиля почвы может быть достигнуто внесением органических удобрений с одновременной глубокой обработкой без оборота пласта. В результате создаются условия формирования наиболее благоприятных почвенных разновидностей А+ВС+С и А+В+С, при мощности горизонта А 30–35–40 см и развитии горизонте В – до 50–60 см. мощности.

### Заключение

Проведенные исследования позволяют сделать вывод об определяющем влиянии на состояние насаждений смородины дренажных свойств профиля почвы и мощности, окультуренности горизонта А.

### Библиографический список (References)

- Вилкова Н.А., Нефёдова Л.И., Устойчивые сорта сельскохозяйственных культур как фактор оздоровления агроэкосистем. // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем. Выпуск 7, Краснодар 2012 г. С. 311–312.
- Витковская С.Е., Изосимова А.А., Шидловская Т.П., Лекомцев П.В. Оценка неоднородности агрохимических показателей почвы и параметров урожая в полевом опыте. // Материалы координационного совещания и научной сессии Агрофизического института. С Пб 24–25 марта 2009г. С. 89.
- Жидёхина Т.В., Родиокова О.С., Гурьева И.В. Влияние био- и абиотических факторов среды на продуктивность смородины чёрной. // Достижения науки и техники АПК, 4 апрель 2017 г, том 31. С. 68–69.
- Тихонова О.А. Слагаемые компоненты продуктивности чёрной смородины в условиях Северо-Запада России. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2016 г, том 177, выпуск 3. С. 61–73

### Translation of Russian References

- Tikhonova O.A. Components of efficiency of black currant in conditions of the Northwest of Russia. // Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii. 2016, V. 177, N 3. P. 61–73.
- Vilkova N.A., Nefyodova L.I. Resistant grades of crops as factor of improvement of agroecosystems. // Biologicheskaya zashchita rastenii – osnova stabilizatsii agroekosistem. Vypusk 7, Krasnodar. 2012. P. 311–312.
- Vitkovskaya S.E., Izosimova A.A., Shidlovskaya T.P., Lekomtsev P.V. Assessment of heterogeneity of agrochemical indexes of soil and

Plant Protection News, 2018, 4(98), p. 70–72

## THE INFLUENCE OF CHARACTERISTICS OF SOIL PROFILE ON THE STATUS AND HARVEST OF BLACK CURRANT PLANTATIONS

V.V. Nefedov

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

The main soil factors influencing the condition of plantations of black currant are determined. The «strength» of the influence of each factor is determined. The results of the preliminary assessment of the soil profile make it possible to predict the future harvest and plan activities to improve a particular site.

**Keywords:** structure of soil profile, effect of soil factor, soil improvement, development of root system, black currant.

Received: 09.10.2018

Accepted: 20.11.2018

### Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация  
Нефёдов Всеволод Васильевич. Ведущий агроном, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: vsevnef@mail.ru

### Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo Shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation  
Nefedov Vsevolod Vasilyevich. Leading Agronomist, PhD in Agriculture, e-mail: vsevnef@mail.ru



**XIX МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ПО ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ (IPPC2019):  
«ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ АДАПТИРОВАННАЯ К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА ДЛЯ  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ  
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»**

**будет проходить в г. Хайдарабад (Hyderabad, Telangana), Индия 10–14 ноября 2019 г.**

The 19th International Plant Protection Congress

“Crop Protection to Outsmart Climate Change for Food Security & Environmental Conservation”  
will take place from 10th to 14th November 2019 at the Hyderabad, India

**IPPC2019** будет посвящен проблемам технологий защиты растений для смягчения последствий изменения климата, продовольственной безопасности и охране окружающей среды.

От имени Международной научной ассоциации по защите растений (IAPPS), ICRISAT и Индийского общества защиты растений организаторы приглашают к участию в IPPC2019.

Программа IPPC2019 направлена на решение ключевых проблем защиты сельскохозяйственных культур от вредных организмов для осуществления продовольственной безопасности посредством устойчивого сельского хозяйства, защиты и сохранения окружающей среды. Предполагается обсудить все аспекты защиты растений в контексте смягчения последствий глобального потепления.

Конгресс будет проходить в историческом городе Хайдарабад. Город был основан в 1591 году Muhammad Quli Qutb Shah. В центре города находится знаменитое озеро Хуссейн Сагар (Hussain Sagar), которое было создано в 1562 году. Исторически Хайдарабад известен как город жемчуга и является одним из самых популярных центров торговли жемчугом и алмазами. Это город с мировой известностью, знаменитый такими древними сооружениями, как Charminar и Golconda Fort, и современным городом Hitech City и Ramoji Film City. Его также называют сельскохозяйственной столицей Индии: в нем расположено множество институтов ICAR (DOR, DRR, DSR, CRIDA and NAARM) and ICRISAT.

**Погода**

В ноябре в Хайдарабаде приятная погода. Температурный максимум около 30 °C и минимум 15 °C и 56% относительная влажность.

**Принимающий институт и место проведения**

Международный научно-исследовательский институт сельскохозяйственных культур для полусухих тропиков (ICRISAT) является некоммерческой организацией, которая проводит сельскохозяйственные исследования в целях развития регионов Азии и Африки к югу от Сахары.

Исследования в ICRISAT предусматривают развитие, безопасность и устойчивость сельского хозяйства в регионе засушливых земель тропиков через партнерские международные исследования в области сельского хозяйства, воплощенные в слогане «Наука с человеческим лицом».

Место проведения конгресса, Международный конгрессный центр в Хайдарабаде, который представляет собой современное здание, способное вместить 5000 человек и более 20 параллельных секций. Центр расположен в 27 км от международного аэропорта Раджив Ганди, 20 км

от железнодорожного вокзала Секундерабад и в 22 км от Mahatma Gandhi Bus Stand (MGBS).

Предполагаются презентации в виде пленарных лекций, выступления приглашенных докладчиков, а также устные и стендовые доклады.

**Виза**

Международные участники должны иметь действующий паспорт и визу. Информацию о правилах и процедурах оформления визы можно получить на сайте <http://indianvisaonline.gov.in/visa>.

Приглашение для участия в конгрессе будет выдано по запросу.

**Регистрационный взнос** для различных категорий участников:

Для исследователей из развивающихся стран:

Ранняя регистрация \$ 360, Регулярная \$ 410, Поздняя \$ 460

Члены IAPPS / ведущие докладчики \$ 510, \$ 560, \$ 660

Не члены IAPPS \$ 560, \$ 660, \$ 760

**Предполагаемые темы  
для обсуждения на Конгрессе:**

**Защита растений для смягчения последствий изменения климата:**

Изменение климата и биоразнообразие  
Инвазивные и новые вредные организмы  
Насекомые  
Патогены  
Нематоды  
Позвоночные  
Сорняки  
Вирусы

**Устойчивость растений: биохимические и молекулярные механизмы**

Устойчивые растения-хозяева в интегрированной защите растений (ИЗР)

Селекция на устойчивость к вредным организмам  
Картирование генов и редактирование генома  
Трансгенные технологии для борьбы с вредными организмами

MAS для устойчивости к вредным организмам  
Метаболомика

**Обнаружение и диагностика: ДНК баркодинг**

Насекомые-вредители  
Патогены  
Нематоды  
Вирусы  
Карантин растений

**Менеджмент вредных организмов и пестицидов**

Экологическая инженерия  
 Биоразнообразие и биосистематика  
 Семио-хемики в борьбе с вредными организмами  
 Цифровые технологии в защите растений  
 Биоэффективность, персистентность и устойчивость к инсектицидам (IRM)  
 Система поддержки принятия решений  
 Дистанционное зондирование и моделирование для прогнозирования вредных организмов  
 Биологический контроль  
 Векторы болезней растений  
 Гербициды  
 Инсектициды  
 Фунгициды  
 Нематоциды  
**Биобезопасность ГМО и IPM технологий для окружающей среды**  
 Пестициды  
 Био-пестициды  
 Природные растительные продукты

Естественные враги (энтомофаги)

Трансгенные растения

**Защита растений и продовольственная безопасность**

Преодоление голода  
 Сокращение бедности  
 Доступ к рынкам  
 Привлечение молодежи к науке по защите растений  
 Научные сети  
 Сервисы по образованию и повышению квалификации  
 Трансфер технологий  
 Правительственная политика: производство, маркетинг и использование.

Для получения дополнительной информации можно обратиться

На сайт [www.ippc2019.icrisat.org](http://www.ippc2019.icrisat.org)

Или непосредственно к Председателю локального организационного комитета

Dr. HC Sharma, ICRISAT, Patancheru 502324, Telangan, India

Email: [IPPC2019@cgir.org](mailto:IPPC2019@cgir.org)

*Член совета Международной научной ассоциации по защите растений (IAPPS)*

*Академик РАН,*

*О.С. Афанасенко*

**К ЮБИЛЕЮ И.Я. ГРИЧАНОВА**

To the birthday anniversary of Igor Grichanov

**10 сентября 2018 г. исполнилось 60 лет со дня рождения руководителя лаборатории фитосанитарной диагностики и прогнозов, доктора биологических наук Игоря Яковлевича Гричанова.**

После окончания биологического факультета Воронежского государственного университета Игорь Яковлевич продолжил обучение и в 1981 г. поступил в очную аспирантуру ВИЗР. С тех пор вся сознательная жизнь Игоря Яковлевича неотделима от научной деятельности и связана с нашим институтом. Здесь он прошел весь нелегкий путь профессиональной подготовки – от аспиранта до руководителя лаборатории, успешно защитил кандидатскую (1984 г.) и докторскую (2006 г.) диссертации; имеет ученое звание старшего научного сотрудника по специальности «Энтомология» (1993 г.). Заочно закончил Ленинградский сельскохозяйственный институт и получил второе высшее образование по специальности «Экономика сельского хозяйства» (1991 г.).

В 1990 г. Игорь Яковлевич был избран по конкурсу Ученым Советом ВИЗР на должность руководителя лаборатории фитосанитарной диагностики и прогнозов. Вот уже почти 30 лет он руководит этой лабораторией, которая заслуженно считается одним из ведущих научных подразделений ВИЗР. В трудные для всей отечественной науки годы, будучи еще молодым специалистом, он сохранил коллектив лаборатории, продолжил традиционные исследования и организовал новые по основным приоритетным направлениям. Научная работа И.Я. Гричанова связана с разработкой теории и практики фитосанитарного монито-

ринга, информационным обеспечением защиты растений, фитосанитарным районированием территории России, использованием феромонов в фитосанитарном мониторинге, фитосанитарным законодательством.

Наряду с научной и организационной деятельностью Игорь Яковлевич много внимания уделяет образовательному процессу и подготовке молодых специалистов. Он – официальный научный руководитель четырех аспирантов, успешно защитивших кандидатские диссертации; преподавал в Санкт-Петербургском аграрном университете; читал лекции аспирантам ВИЗР, слушателям школ повышения квалификации; консультировал аспирантов, обучавшихся в Болгарии, Бразилии, Иране, Турции.

Игорь Яковлевич ведет постоянную большую работу в области изучения экологии, фауны и систематики двукрылых насекомых (в первую очередь – хищных мух-зеленушек семейства *Dolichopodidae*). Эта работа получила признание в мировом энтомологическом сообществе, чему способствовали международные научные связи Игоря Яковлевича, которые сложились во время научных стажировок (Бельгия, Дания, Финляндия, Швеция), участия в работе съездов и конференций в разных странах, в том числе в Англии, Израиле, ЮАР, Японии. Он собирал научный материал в 20 субъектах России, почти во всех республиках бывшего СССР; побывал с научной целью в 17

странах дальнего зарубежья, получая гранты национальных и международных научных фондов.

Разносторонняя научная деятельность Игоря Яковлевича и его высокая работоспособность лучше всего проявляются в публикациях (530 печатных работ). Это – монографии, книги, брошюры, тематические сборники, статьи в престижных отечественных и зарубежных журналах, нормативные документы и проч.

Игорь Яковлевич – член Президиума Русского энтомологического общества, член редколлегии журнала «Вестник защиты растений», активно участвует в работе Ученого и Диссертационного Советов ВИЗР.

Незаурядные организаторские способности Игоря Яковлевича проявились в подготовке трех всероссийских съездов по защите растений, пяти международных конфе-

ренций по фитосанитарному мониторингу, проходивших в Санкт-Петербурге.

За годы, проведенные в ВИЗР, Игорь Яковлевич стал высоко эрудированным и профессиональным специалистом в области защиты растений, сельскохозяйственной и фундаментальной энтомологии. В 2016 г. Ученый совет ВИЗР предложил кандидатуру И.Я. Гричанова в члены-корреспонденты Российской академии наук (Отделение сельскохозяйственных наук) по специальности «Защита и биотехнология растений».

Администрация и коллектив ВИЗР поздравляют Игоря Яковлевича Гричанова со славным юбилеем, желают ему крепкого здоровья, благополучия, долгой счастливой жизни и дальнейших творческих успехов!

*Коллектив ВИЗР*

## ПАМЯТИ Н.В.БОНДАРЕНКО

In memory of Nikolai Bondarenko



**1 декабря 2018 г. исполнилось 100 лет со дня рождения члена-корреспондента ВАСХНИЛ, доктора биологических наук, профессора, зав. кафедрой биологической защиты растений СПбГАУ Николая Васильевича Бондаренко.**

Николай Васильевич Бондаренко родился в д. Парушино (ныне Лужского р-на Ленинградской области) в крестьянской семье. Он рано остался без родителей – мать умерла, когда ему было 8 месяцев, а отец, будучи председателем колхоза, был репрессирован. Мальчика усыновила семья его тети. Уже в детстве у Николая Васильевича проявилась любовь и тяга к земле, к крестьянскому труду.

Окончив школу, он поступил в Ленинградский сельскохозяйственный институт. После окончания института в июне 1941 года Николай Васильевич был направлен на работу в Среднюю Азию в противосаранчевую экспедицию. Однако началась война и он, не доехав до места назначения, вернулся в Ленинград и пошел в военкомат добровольцем. Войну Н.В. Бондаренко закончил в звании капитана, за боевые заслуги был награжден орденами и медалями.

После демобилизации в 1945 г. он вернулся в Ленинград и был принят лаборантом на кафедру общей энтомологии ЛСХИ, которой руководил в то время профессор Г.Я. Бей-Биенко. Николай Васильевич проявил незаурядные способности к исследовательской работе и в 1946 г. поступил в аспирантуру, где началась его научная деятельность. Темой исследований аспиранта была связана с проблемой защиты огурца от паутинного клеща в теплицах. Задачей работы являлось изучение влияния минерального питания растений на численность популяций фитофага и его вредоносность, что потребовало исследований биологических и экологических особенностей вредителя. Эти исследования, выполненные под руководством профессора Г.Я. Бей-Биенко, в дальнейшем были продолжены Николаем Васильевичем в процессе работы над докторской диссертацией.

В результате исследований Н.В. Бондаренко впервые в мировой науке была установлена фотопериодическая реакция тетраниховых клещей и изучены механизмы их диапаузы и реактивации. После успешной защиты докторской диссертации дальнейшие исследования Николая Васильевича связаны в основном с разработкой биологического метода защиты растений в защищенном грунте. Так, в середине 60-х годов двадцатого столетия им совместно с его учениками были продолжены работы по изучению биологических и экологических особенностей клеща-акарифага фитосейюлюса, начатые в Москве Г.А. Бегляровым. В результате были разработаны методики массового разведения этого хищника и его применения в защищенном грунте на огурце против паутинного клеща. При непосред-

ственном участии и руководстве Н.В. Бондаренко во многих овощеводческих хозяйствах Ленинградской области были созданы биолaborатории, целью которых являлось массовое производство фитосейулюса и его использование в защищенном грунте. Однако положительные результаты, полученные по внедрению фитосейулюса против паутинного клеща, проблему биологической защиты растений в полном объеме не решали. Серьезной проблемой в то время оставалась защита растений от комплекса тлей. В связи с этим профессор Н.В. Бондаренко большое внимание уделял поиску эффективных энтомофагов этих вредителей. Под его руководством были начаты работы по оценке эффективности златоглазок и хищных мух сирфид в подавлении численности тлей. Наиболее положительные результаты были получены при использовании против тлей в теплицах хищных галлиц. В 1974 г. была разработана методика массового разведения галлицы афидимизы. С 1975 г. под руководством Николая Васильевича этот афидофаг впервые в мире начал успешно внедряться в производственных теплицах.

Помимо защищенного грунта, профессор Н.В. Бондаренко уделял большое внимание вопросам защиты растений в открытом грунте. Под его руководством были проведены работы по изучению видового состава растительноядных и хищных клещей, их биологические и экологические особенности, закономерности динамики их численности на плодовых культурах. В 1973 г. начались исследования по возможности использования против капустных мух хищного жука алеохары.

Все исследования по защищенному и открытому грунту под руководством Н.В. Бондаренко проводили студенты ЛСХИ и аспиранты из разных стран – Китая, Египта, Сирии, Чехословакии и Венгрии. Многие из его учеников в дальнейшем стали видными учеными у себя на родине.

Наряду с научной деятельностью Николай Васильевич вел большую педагогическую работу. Будучи заведующим кафедрой биологической защиты растений ЛСХИ, он читал студентам лекции по общей энтомологии, вредным клещам, по биологическому методу защиты растений, пчеловодству, по методике опытного дела. По инициативе Н.В. Бондаренко биологическая защита растений и карантин растений в учебном процессе стали самостоятельными дисциплинами.

Н.В. Бондаренко оставил после себя большое творческое наследие. Он автор более 250 научных работ, в том числе 11 учебников и учебных пособий, 5 книг; имеет 2 авторских свидетельства на изобретения. Под его руководством были подготовлены и защищены 1 докторская и 18 кандидатских диссертаций. Николай Васильевич всегда активно участвовал в общественной жизни института, являлся заместителем председателя проблемного совета по биометоду, членом Постоянной комиссии по энтомофагам Восточно-палеарктической секции международной организации по биологической борьбе с вредными животными и растениями, членом совета Всесоюзного энтомологического общества.

Долгие годы Н.В. Бондаренко вместе с другими известными учеными ЛСХИ Н.Г. Беримом и С.М. Поспеловым были членами диссертационного совета ВИЗР и принимали самое активное участие в его работе.

Николая Васильевича Бондаренко отличали удивительное трудолюбие, целеустремленность и доброта. Он обладал широким кругозором, активной жизненной позицией, не боялся предоставлять творческую свободу своим ученикам и подчиненным. Светлая память о нем навсегда сохранится в сердцах его коллег и сослуживцев, дело его жизни будет продолжаться в трудах его учеников и последователей.

*Редколлегия и соратники*

---

### Информация для авторов и читателей

Уважаемые господа! Обращаем ваше внимание на то, что с 2019 года изменится адрес официального сайта нашего журнала. Архив номеров, требования к оформлению рукописей и другая актуальная информация будет доступна по адресу: <http://vestnik.vizrspb.ru>

---

Научное издание.

Индекс 36189

Подписано к печати 12 декабря 2018 г.

Формат 60x84/8. Объем 9.5 п.л. Тираж 250 экз. Заказ