

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(90) – 2016

Санкт-Петербург – Пушкин
2016

ВЕСТНИК ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

УДК 632

Научно-теоретический рецензируемый журнал

Основан в 1939 г.

Издание возобновлено в 1999 г.

Включен в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК
как журнал, входящий в международную базу данных AGRIS

Учредитель Всероссийский НИИ защиты растений (ВИЗР)
Зарегистрирован в ГК РФ по печати № 017839 от 03 июля 1998 г.

Главный редактор В.А.Павлюшин

Зам. гл. редактора В.И.Долженко

Отв. секретарь В.Г.Иващенко

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

А.Н.Власенко, академик РАН, СибНИИЗХим

Патрик Гроотаерт, доктор наук, Бельгия

Дзянь Синьфу, профессор, КНР

В.И.Долженко, академик РАН, ВИЗР

Ю.Т.Дьяков, дбн, профессор, МГУ

В.А.Захаренко, академик РАН, МНИИСХ

С.Д.Каракотов, чл.корр. РАН,

 ЗАО Щелково Агрохим

В.Н.Мороховец, кбн, ДВНИИЗР

В.Д.Надыкта, академик РАН, ВНИИБЗР

В.А.Павлюшин, академик РАН, ВИЗР

С.Прушински, дбн, профессор, Польша

Т.Ули-Маттила, профессор, Финляндия

Е.Е.Радченко, дбн, ВИР

И.В.Савченко, академик РАН, ВИЛАР

С.С.Санин, академик РАН, ВНИИФ

С.Ю.Синев, дбн, ЗИН

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

М.С.Соколов, академик РАН, ВНИИФ

С.В.Сорока, ксxn, Белоруссия

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

О.С.Афанасенко,

 академик РАН

И.А.Белоусов, кбн

Н.А.Белякова, кбн

Н.А.Вилкова, дсxn, проф.

Н.Р.Гончаров, ксxn

И.Я.Гричанов, дбн

А.Ф.Зубков, дбн, проф.

В.Г.Иващенко, дбн, проф.

М.М.Левитин, академик РАН

Н.Н.Лунева, кбн

А.К.Лысов, кtn

Г.А.Наседкина, кбн

В.К.Моисеева (секр.), кбн

Н.Н.Семенова, дбн

Г.И.Сухорученко, дсxn, проф.

С.Л.Тютюрев, дбн, проф.

А.Н.Фролов, дбн, проф.

И.В.Шамшев, кбн

Редакция

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

www.vizr.spb.ru

© Всероссийский НИИ защиты растений (ВИЗР)

СОДЕРЖАНИЕ

Функционирование агробиоценозов и типы их отклика на антропогенные воздействия В.А. Павлюшин, Н.А. Вилкова, Г.И. Сухорученко, Л.И. Нефедова	5
Интрогрессия генов резистентности к пирикулярриозу как фактор стабилизации устойчивости растений риса к заболеванию Е.В. Дубина, В.Н. Шиловский, С.В. Гаркуша, М.Г. Рубан, Л.В. Есаулова	19
Широко распространенные и потенциально опасные для российского агропроизводства возбудители вирусных болезней картофеля Е.В. Рогозина, Н.В. Мироненко, О.С. Афанасенко, Ю. Мацухито	24
Идентификация вирусов, выявленных на растениях семейства Orchidaceae в Приморском крае В.Ф. Толкач	33
Продуктивность кукурузы как фактор регуляции устойчивости к стеблевым гнилям (на примере <i>Fusarium verticillioides</i> (Sacc.) Nirenberg – <i>Zea mays</i> L.) В.Г. Иващенко	38
Скрининг энтомофагов для защиты семенного картофеля от тлей-переносчиков вирусов в современных теплицах Н.А. Белякова, Ю.Б. Поликарпова	44
Топическая специфичность хлебных клопов и поврежденность зерна разных сортов пшеницы А.В. Капусткина	50
Влияние удобрений на поражение ярового ячменя болезнями в IV агроклиматической зоне Ленинградской области Е.С. Рогожникова, А.М. Шпанев, М.А. Фесенко	56
Повышение эффективности осаждения капель диспергируемой рабочей жидкости при использовании вращающихся дисковых распылителей, перфорированных или сетчатых барабанов А.К. Лысов	61
Особенности поведения и инвазионной активности энтомопатогенных нематод в зависимости от условий их культивирования на искусственных питательных средах Л.Г. Данилов, В.С. Турицин	66
Эффективность продуктов метаболизма симбиотических бактерий энтомопатогенных нематод при выращивании картофеля Н.Е. Агансонова	72
Особенности распространенности сорных растений в агроценозах агроклиматических районов Ленинградской области Н.Н. Лунева	76
Характеристика рудерального компонента сорной растительности Ленинградской области Е.Н. Мысник	81
<u>Краткие сообщения</u>	
Положение с тлями-переносчиками вирусных заболеваний картофеля в Северо-Западном регионе РФ С.А. Волгарев, Г.П. Иванова Г.И. Сухорученко	87
Диапауза у <i>Ostrinia nubilalis</i> Hbn. из северного очага размножения на кукурузе в условиях длинного дня А.Н. Фролов, М.Н. Берим, И.В. Грушечная, Ю.М. Малыш, Т.А. Рябчинская, Л.И. Трепашко, А.В. Быковская	89
Ареал и зоны вредоносности угловатой пятнистости листьев огурца А.М. Лазарев, Е.Н. Мысник, Ю.Б.Рогачев	91
Основные болезни нута в богарных условиях Узбекистана и меры борьбы с ними Ж.Х. Рахманов	94
<u>Хроника</u>	
Памяти профессора А.Ф. Зубкова (1938–2016).	97
Информация для авторов.	99

CONTENT

Functioning of agrobiocenoses and types of their response to anthropogenic impacts V.A. Pavlyushin, N.A. Vilкова, G.I. Sukhoruchenko, L.I. Nefedova	5
Introgression of blast resistance genes as a factor of resistance stabilization of rice plants to disease E.V. Dubina, V.N. Shilovskii, S.V. Garkusha, M.G. Ruban, L.V. Esaulova	19
Widespread and potentially dangerous to Russian agriculture causative agents of viral diseases of potato E.V. Rogozina, N.V. Mironenko, O.S. Afanasenko, Yosuke Matsushita	24
Identification of viruses from plants of the family Orchidaceae in Primorskii Territory V.F. Tolkach	33
Maize productivity as a factor in regulation of resistance to stem rot (with <i>Fusarium verticillioides</i> (Sacc.) Nirenberg – <i>Zea mays</i> L. as an example) V.G. Ivashchenko	38
Entomophages for biological control of seed potato against aphid vectors of viruses in modern greenhouses N.A. Belyakova, Yu.B. Polikarpova	44
Topical specificity of cereal bugs and damage of grain of different wheat varieties A.V. Kapustkina	50
The influence of fertilizers on the affection of spring barley by diseases in Leningrad Region E.S. Rogozhnikova, A.M. Shpanev, M.A. Fesenko	56
Improving efficiency of drop deposition of dispersed working fluid at using rotary disc atomizers, meshy or perforated drums A.K. Lysov	61
Behaviour and invasive activity of entomopathogenic nematodes depending on conditions of cultivation on artificial nutrient medium L.G. Danilov, V.S. Turitsyn	66
Efficiency of metabolic products of symbiotic bacteria of entomopathogenic nematodes at potato cultivation N.E. Agansonova	72
Features of weed distribution in agrocenoses of agro-climatic zones on the territory of Leningrad Region N.N. Luneva	76
Characteristics of ruderal component of weed vegetation in Leningrad Region E.N. Mysnik	81
<u>Brief Reports</u>	
Situation with aphid vectors of viral potato diseases in the Northwest of Russia S.A. Volgarev, G.P. Ivanova, G.I. Sukhoruchenko	87
Diapause in <i>Ostrinia nubilalis</i> from northern focus of pest outbreak on maize under long day condition A.N. Frolov, M.N. Berim, I.V. Grushevaya, Y.M. Malysh, T.A. Ryabchinskaya, L.I. Trepashko, A.V. Bykovskaya	89
Area and harmfulness zones of angular leaf spot of cucumber A.M. Lazarev, E.N. Mysnik, Yu.B. Rogachev	91
Main diseases of chickpea and their control at dry farming in Uzbekistan Zh. Kh. Rakhmanov	94
<u>Chronicle</u>	
In memory of prof. A.F. Zubkov (1938–2016).	97
Author instructions	99

УДК 631.95:338.43

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АГРОБИОЦЕНОЗОВ И ТИПЫ ИХ ОТКЛИКА НА АНТРОПОГЕННЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

В.А. Павлюшин, Н.А. Вилкова, Г.И. Сухорученко, Л.И. Нефедова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Обобщены многочисленные данные антропогенного воздействия на сообщества биотрофов в агробиоценозах – видовой состав, изменения соотношения доминантных видов фитофагов, динамику их численности. Выделена особая группа консументов первого порядка – супердоминантов, биологические преимущества которых определяются экологической пластичностью, внутривидовым полиморфизмом, высокой численностью, вредоносностью и расширением ареалов. Приведены примеры ряда доминантных и супердоминантных видов вредителей сельскохозяйственных культур, обладающих ускоренными темпами формирования экологических адаптаций к изменениям абиотических и биотических факторов среды. Описаны отклики разных типов агробиоценозов, обусловленные спецификой иммунологических свойств сортов сельскохозяйственных культур, процессами адаптациогенеза растений и биотрофов. На основе принципов системного анализа описаны основные типы ответных реакций экосистем на интенсивность и длительность антропогенных воздействий, вызывающих широкий спектр внутривидового полиморфизма биотрофов, то есть формообразовательную адаптивность в виде микроэволюционных процессов. На основе анализа изменений видового, внутривидового и внутривидового биоразнообразия консументов всех уровней разработаны элементы агроэкологического мониторинга фитосанитарного состояния агробиоценозов за счет сдерживания процессов адаптациогенеза биотрофов к средствам защиты растений и другим факторам современных технологий растениеводства.

Ключевые слова: экосистемы, агробиоценоз, антропогенные факторы, сообщества биотрофов, доминанты и супердоминанты, полиморфизм, адаптациогенез, типы реактивности, агроэкологический мониторинг, фитосанитарная оптимизация агроэкосистем.

ЧАСТЬ 2

Данная работа является продолжением ранее опубликованной в ж. «Вестник защиты растений, 2016, N 2, с. 5–15 статьи «Формирование агроэкосистем и становление сообществ вредных видов биотрофов», её второй частью, где описаны функционирование и типы отклика агробиоценозов на экзогенные и эндогенные антропогенные воздействия.

Как сообщалось ранее [Павлюшин и др., 2015, 2016], широкая интродукция исходных форм культурных растений из первичных очагов в другие районы земного шара и большие площади возделывания различных генотипов с определенными иммуногенетическими свойствами обусловили не только специфику формирования видового состава (биоразнообразия) агробиоценозов в условиях различных природно-климатических поясов мира, но и особенности темпов и направленности адаптациогенеза местных популяций гетеротрофного населения таких рукотворных сообществ, как агроэкосистемы [Шапиро, 1966, 1988; Шапиро и др., 1976, 1988; Вилкова и др., 1979, 2001, 2002, 2003].

В результате перехода к выращиванию на больших площадях той или иной новой культуры, родственной местному дикорастущему виду кормового растения, создались благоприятные условия для развития биотрофов, что привело к увеличению их плодовитости, численности и вредоносности. Многие виды биотрофов, появляющиеся в массе на диких стадиях лишь эпизодически, в условиях агробиоценозов превратились в постоянных массовых вредителей. Это привело к необходимости проведения мероприятий по защите сельскохозяйственных культур и породило многие проблемы экономического и экологического характера.

Экологические условия агробиоценозов сформировали ядро сравнительно небольшого числа вредных видов членистоногих и фитопатогенов, относимых к доминантным или фоновым (термин А.Г. Васильева, 2005), численность и вредоносность которых сохраняется на высоком уровне, несмотря на постоянно проводимые против них защитные мероприятия. Именно эти виды, являющиеся основными компонентами сообществ, в первую очередь реагируют на антропогенные воздействия. К числу массо-

вых вредителей сельскохозяйственных культур относятся более 60 видов членистоногих из 32 семейств, такие как саранчовые (Acrididae), подгрызающие совки (Lepidoptera Noctuidae), жуки-щелкуны (Elateridae), морковная листовая блошка (*Trioza apicalis* Frst.), большая картофельная тля (*Macrosiphon euphorbiae* Thom.), большая злаковая тля (*Sitobion avenae* F.), хлебные клопы (Scutelleridae), хлебная жужелица (*Zabrus tenebrioides* Goeze), зерновые совки (Noctuidae), злаковые мухи (Chloropidae, Cecidomyiidae), красногрудая пьявица (*Lema melanopus* L.), яблонная плодожорка (*Laspeyresia pomonella* L.), яблонная моль (*Hyponomeuta malinella* Zeller.), растенияядные клещи (Acariformes) и многие другие.

Массовому размножению вредителей, возбудителей болезней и сорняков в агробиоценозах способствуют практически все основные факторы преимущественно химико-техногенной системы земледелия: крупномасштабные поля и укороченные севообороты, монокультура, генетически однородные сорта и гибриды с ослабленными иммунологическими свойствами, вегетативное размножение растений, однотипные технологии возделывания культур, загущенные посевы, высокие дозы азотных удобрений, орошение, широкое нерегламентированное применение пестицидов и т.д. [Новожилов, 1981, 1997; Новожилов, Сухорученко, 1995, 1997; Слепян, 1981; Фадеев и др., 1981; Шапиро, 1985, 1988, 1989; Жученко, 2004, 2010; Павлюшин и др., 2008; Новожилов, Павлюшин, 2010]. Причиной этому послужило существенное улучшение в условиях агробиоценозов экологической обстановки как для обитания фитофагов-вредителей, так и оптимизация потребления ими пищи.

Рассматривая подробно негативные последствия преимущественно химико-техногенной интенсификации сельского хозяйства, А.А.Жученко [2004, 2010] указывает в качестве главнейших последствий «снижение разнообразия природных биотопов, исчезновение многих видов растений и животных, усиление экологической и генетической уязвимости агроэкосистем, появление более агрессивных и вирулентных рас различных фитопатогенов, усиление вредоносности многих видов членистоногих и сорняков, появление устойчивых к пестицидам видов вредителей, фитопатогенов и сорных растений, загрязнение природной среды остаточными количествами пестицидов, тяжелыми металлами, нитрозоаминами, миграция их по трофическим цепям». В результате этого происходит экспоненциальный рост затрат ресурсов, в том числе энергии на каждую единицу урожая и пищевую калорию. Все это позволяет выделять трансформированные агроэкосистемы.

Деятельность человека, как важнейшего фактора воздействия на экосистемы в целом и, в частности, на их энтомофауну, стала привлекать внимание энтомологов еще в 20-е гг. прошлого столетия, что повлекло за собой значительное число публикаций по различным аспектам формирования и функционирования агробиоценозов. Были обобщены многочисленные и разносторонние данные, показавшие специфичность влияния деятельности человека на видовой состав, изменение соотношения доминантных и других видов фитофагов и энтомофагов, динамику их численности на возделываемых угодьях по сравнению с тем, что наблюдается в естественных биоценозах [Бей-Биненко, 1961; Филипьев, 1929; Рубцов, 1935; Арнольди, 1953; Викторов, 1955, 1960; Шапиро, 1958; Медведев,

1949; Элтон, 1960; Гиляров, 1963; Рафес, 1964; Поляков, 1968, 1976; Сукачев, 1974; Шапиро и др., 1976; Вилкова, 1980; Фадеев и др., 1981; Фадеев, Новожилов, 1984; Новожилов, 1997; Зубков, 2000, 2005; Максимова, 2005; Павлюшин, 2000, 2011, 2013, 2015; Гусева и др., 2015; Мыслик, Лунова, 2015; Шпанев, 2015; Наумова, 2015].

В результате исследований, проведенных в последнее десятилетие в области глобальной экологии, биоценологии и агробиоценологии, сформировалось новое научное направление в экологии – «стрессовая экология», предметом изучения которой является трансформация экосистем под влиянием деятельности человека, в том числе и характерные общие реакции биосистем на экзогенные воздействия.

Анализ изменений видового разнообразия и причин ухудшения фитосанитарного состояния агробиоценозов в экологических условиях их трансформации показал, что среди доминантных видов вредных организмов сформировалась особая группа консументов первого порядка – супердоминантов (табл. 1). Супердоминанты – это виды членистоногих-фитофагов, популяции которых находятся в постоянно высокой численности и вредоносности, без закономерной многолетней ритмики колебаний уровней их численности. Этим видам свойственно расширение как видовых ареалов посредством биологических инвазий в новые места обитания, так и ареалов вредоносности.

По ряду показателей (высокая численность и вредоносность) к видам супердоминантам, перечисленным в таблице, можно отнести лугового мотылька и саранчовых. Биологические преимущества супердоминантных видов обычно обусловлены их необычайно высокой экологиче-

Таблица 1. Супердоминантные виды вредителей сельскохозяйственных культур в некоторых систематических группах насекомых и клещей

Вид, систематическое положение	Пищевая специализация	Ареал	Экономическое значение
Табачная белокрылка <i>Bemisia tabaci</i> Genn. (Homoptera: Aleyrodidae)	Широкий полифаг - 600 видов растений-хозяев, 50% из которых относятся к сем. бобовых, астровых, мальвовых, пасленовых, тыквенных, молочайных и др.	Обнаружена на всех континентах, кроме Антарктиды	Экономические потери в защищенном и открытом грунте более 5 млрд руб. в год
Вредная черепашка <i>Eurygaster integriceps</i> Put. (Heteroptera: Scutelleridae)	Полифаг – виды семейства злаков	Украина, Казахстан, Узбекистан, Таджикистан, Туркменистан, Кыргызстан, Афганистан, Турция, Сирия. Россия – основные зоны возделывания зерновых культур	Количественные и качественные потери урожая, снижение технологических, хлебопекарных и посевных качеств зерна
Западный кукурузный жук <i>Diabrotica virgifera</i> LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae)	Полифаг - кукуруза, питается также пыльцой растений сем. астровых, бобовых, маревых, пасленовых, тыквенных	США, 22 страны Европы. В России обнаружен в ловушках на границе Ростовской обл. и Украины. Потенциальный ареал РФ – Краснодарский и Ставропольский края, Карачаево-Черкесия, Дагестан, Ростовская, Волгоградская обл., север Курской, Воронежской, Саратовской обл.	Экономические потери до 5 млрд руб. в год
Колорадский жук <i>Leptinotarsa decemlineata</i> Say (Coleoptera: Chrysomelidae)	Олигофаг – растения-хозяева сем. пасленовых	США, Евразия, Турция, Иран, Ирак, Китай. Россия – от Балтики до Томской области, Хакасской и Горно-Алтайской республик, Красноярского края и Дальнего Востока	Потери урожая по РФ от 13% до 31%
Западный цветочный трипс <i>Frankliniella occidentalis</i> Pergande (Thysanoptera: Thripidae)	Широкий полифаг- 500 видов растений-хозяев из 50 семейств (пасленовые, тыквенные, лилейные, розоцветные, бобовые, сложноцветные и др.)	США, Евразия, Япония, Китай, Новая Зеландия, Австралия, Африка, Израиль, Россия – тепличные хозяйства 27 республик, краев, областей	Снижение урожая овощных культур, ухудшение качества цветочных и декоративных культур, переносчик фитопатогенных вирусов

ской пластичностью, то есть способностью к ускоренному формированию широкого спектра экологических адаптаций, которая в свою очередь обусловлена еще более выраженным, чем у доминантных видов, внутривидовым полиморфизмом, определяемым рекомбинантной системой их генома [Жученко, 2004].

Сформировавшаяся биологическая специфика видов-супердоминантов в условиях трансформированных агроэкосистем по мнению ряда экологов характеризуется как состояние «экологического взрыва», которому свойственны постоянно высокая численность, вредоносность и расширение ареалов [Элтон, 1960; Тишлер, 1971; Шапиро, 1976; Шапиро, Новожилов, 1979].

Рассматривая реактивность природных экосистем на антропогенные воздействия, К.А. Куркин [1994] различает два аспекта устойчивости биогеоценозов – внутренний (экосистемный) и внешний по отношению к экзогенным воздействиям. При этом внутренняя устойчивость, по мнению автора, обусловлена устойчивостью к собственной средообразующей деятельностью. По особенностям реакции на экзогенные воздействия автор выделяет стабильно устойчивые, лабильно устойчивые и неустойчивые экосистемы. Что касается агроэкосистем, то по названным выше признакам они определенно причисляются к неустойчивым. Тем не менее, как указывает И.Д. Шапиро [1988], характер функционирования и отклики разных типов агробиоценозов на экзогенные воздействия зависят от специфики возделываемых культур, свойств их сортов, а также от частоты и радикальности изменений экологической обстановки на полях, вызываемых технологиями растениеводства и защиты растений.

Среди средств защиты растений наибольшее значение в дезинтеграции функционирования агробиоценозов имеют химические соединения – пестициды, в частности инсектициды. Являясь в большинстве своем политоксичными соединениями, эти вещества, помимо загрязнения продукции и окружающей среды, обладая селективным действием, изменяют состав и структуру популяций членистоногих, нарушают биоразнообразие экосистем и разрушают биоценологические связи. Таким образом, прямые и косвенные последствия широкого использования пестицидов в сельском хозяйстве приводят к существенному нарушению структурно-функциональной организации агробиоценозов, что сопровождается изменением состава доминирующих видов вредителей, неуправляемым ростом численности отдельных видов, развитием резистентности к применяемым средствам защиты, гибели отдельных видов биотрофов в окружающих экосистемах и т.д. В разрезе многолетнего применения химически средств защиты растений экономические последствия носят отрицательный характер и негативно сказываются на фитосанитарной оптимизации агроэкосистем (ФОА) и природных экосистем. Однако следует подчеркнуть, что в условиях трансформируемых агроэкосистем рентабельность и экономическая целесообразность защитных мероприятий в течение вегетационного периода достаточно высоки.

Э.В. Гирусов [1983], анализируя экологическую ситуацию в различных типах экосистем, свидетельствует о пролонгированности действия ксенобиотиков. Он пишет: «любые вещества, попавшие в окружающую среду, могут очень долго путешествовать по цепям питания, накапли-

ваясь в каждом из звеньев и все более концентрируясь по мере перехода от продуцентов к организмам – консументам различного порядка».

Необходимо отметить, что во второй половине XX века произошли резкие качественные изменения в ассортименте химических средств защиты растений, предполагающие интенсивное использование физиологически активных веществ (ФАВ) различной природы и химической структуры. Это относится и к таким развиваемым в настоящее время направлениям защиты растений как применение индукторов устойчивости растений, использование трансгенных форм растений, применение селективных препаратов (феромоны, ингибиторы синтеза хитина, гормональные препараты и др.), воздействующих на специфические физиолого-биохимические и популяционные процессы у вредных организмов. Стало очевидным, что использование этих средств приводит к тем же негативным последствиям, что и применение традиционных политоксичных пестицидов, так как помимо прямого защитного эффекта они вызывают глубокие нарушения структурно-функциональной организации агробиоценозов, в том числе приводит к ускорению темпов и изменению направленности адаптивных реакций в популяциях консументов. В этих случаях адаптивные реакции в агроэкосистемах протекают при преобладании движущей формы естественного отбора над стабилизирующим.

В связи с этим такие предполагаемые приемы защиты растений, как использование трансгенных сортов, продуцирующих токсины, и применение ФОА в качестве индукторов устойчивости растений, также не способны в должной мере решать задачи ФОА, как и большинство ныне применяемых химических средств. В целях предотвращения негативных последствий применения этих средств требуется обязательная и всесторонняя научная оценка возможного экологического риска их широкого применения в агробиоценозах различных типов.

К сожалению, ответные реакции крупных экологических систем, в том числе и агробиоценозов, на антропогенные воздействия исследованы недостаточно. В настоящее время для этих целей используется целый ряд структурных и функциональных характеристик экосистем. Кроме того, известно, что крупные экосистемы характеризуются так называемым lag-эффектом – задержкой ответных реакций на внешние воздействия [Уатт, 1971; Федоров, Гильманов, 1980], что затрудняет анализ их отклика на экзогенные воздействия. Любое воздействие на природную систему неминуемо влечет за собой длинный шлейф изменений и цепных реакций не только в вещественно-энергетической и информационной формах, но и в их системных динамических качествах. В то же время необходимо иметь в виду, что, исходя из принципа Ле Шателье-Брауна, – «всякое внешнее воздействие на систему стимулирует развитие процессов, стремящихся ослабить внешнее воздействие и свести к минимуму отклонение системы от состояния равновесия» [по Негрбову и др., 2010], поддерживаемыми и другими специалистами-экологами [Лекавичус, 2002].

Согласно представлениям Н.Ф. Реймерса [1983], механизмы поддержания динамических свойств позволяют природным экосистемам адаптироваться к изменяющимся условиям внешней среды, в том числе и к нарушениям со стороны человека. По мнению автора, любая природная

система имеет границы возможных адаптаций и обладает лимитированными свойствами рабочей надежности. Все агроэкосистемы и урбосистемы, отличающиеся слабыми динамическими свойствами и практически лишенные возможности самовосстановления и саморегуляции, характеризуются иной формой надежности – «неустойчивой» [Реймерс, 1985]. В этом случае, способность сохранять целостность единства их составляющих (т.е. системных свойств) обеспечивается искусственной регуляцией, проводимой человеком. В этих условиях, как подчеркивает автор, любые нарушения, превышающие устойчивость системы, ведут к резкому падению надежности, а затем и к необратимой деструкции самой системы.

Анализируя отклики наземных и водных экосистем (как природных, так и искусственных) на всевозможные экзогенные воздействия, ведущие специалисты-экологи выделяют 4 класса динамических явлений, характеризующие степень трансформации экосистем [Камшилов, 1970, 1974; Будыко, 1974, 1981; Завадский, Колчинский, 1977; Федоров, 1977; Жерихин, 1979, 2003; Реймерс, 1983; Алимов и др., 2004; Голубков, 2004; Емельянов, 2004; Мамкаев, 1996; Васильев, 2005 и др.]. К ним относятся: снижение биоразнообразия, смена одних доминирующих в экосистемах видов консументов другими, сходными по экологическим и физиологическим характеристикам; биологические инвазии, приводящие к расширению видовых ареалов, что считается одной из важнейших угроз биоразнообразию и классифицируется как «биологическое загрязнение» экосистем; интенсификация адаптациогенеза в двух формах проявления реактивности – в виде модификационной ненаследственной изменчивости и в виде преобразований генотипической структуры популяций, завершающейся формообразованием. Отмечается, что названные группы явлений, усилившиеся в настоящее время, особенно отчетливо прослеживаются в условиях агробиоценозов.

Анализируя состояние энтомофауны экосистем в Нижнем Поволжье, В.В.Аникин [2002] отмечает, что за 100–120 лет в Астраханской, Волгоградской и Саратовской областях для большинства крупных отрядов насекомых прослеживается тенденция «выпадения» из биогеоценозов целого ряда видов и сокращение численности других. Так, как сообщает автор, среди чешуекрылых не зарегистрировано ранее обитающих 35 видов, а 99 видов сократили численность; среди жесткокрылых не зарегистрировано 49 видов, а 120 видов сократили численность; среди стрекоз не зарегистрировано 9 видов и 22 вида сократили численность. В целом, число исчезнувших видов колеблется по отрядам от 1 до 7% от общего состава фауны данного региона. В качестве основного фактора изменения структуры энтомофауны Нижневолжского региона В.В.Аникин считает антропогенное воздействие, которое, по мнению автора, приводит к необратимым процессам изменений фауногенеза.

Подробно рассматривая нарушение структуры и динамических свойств различных экосистем при интенсивных и длительных антропогенных воздействиях, Н.Ф. Реймерс [1983], основываясь на принципах системного анализа, выделяет три основных типа их ответных реакций. Первый тип реактивности выражается в сравнительно быстром «отклике» системы, проявляющемся в форме так

называемого «дублирования», когда один доминирующий в сообществе вид заменяется другим, близким по экологическим (функциональным) характеристикам при общем снижении биоразнообразия экосистемы. Второй тип реактивности проявляется так же быстро и выражается в интенсификации модификационной обратимой изменчивости, базирующейся на динамических свойствах вариационности и иммобильности. Третий тип отклика, по мнению автора, – процесс более медленный, связанный с необратимыми эволюционными (микроэволюционными) перестройками генотипической структуры популяций видов сообщества, т.е. с проявлениями их дивергенции. Эта группа явлений рассматривается автором как коренные изменения системы.

Реакции резервирования-дублирования и «фенотипической» адаптации относят к основным механизмам поддержания устойчивости функционирования экосистем в условиях резких антропогенных нарушений.

По мнению А.Г. Васильева [2005], при длительном антропогенном воздействии на экосистемы процессы генотипической изменчивости популяций консументов ускоряются. При этом происходит резкое направленное изменение их «реализованного эпигенетического ландшафта», сопровождаемое изменениями фенооблика популяций. С позиций популяционной эпигенетики «эпигенетический ландшафт» (эпигенетическая система) популяций – это исторически сформировавшаяся популяционная программа развития – «адаптивная норма», включающая все основные пути ее онтогенетической реализации [Васильев, 2005]. По мнению автора, процессы быстрых эпигенетических перестроек действительно происходят в техногенно нарушенной среде. Особенно наглядно это прослеживается на доминантных видах животных и растений, которые могут служить индикаторами при биомониторинге негативных процессов, протекающих в трансформированных экосистемах.

Анализируя изменения структурных и функциональных характеристик современных агробиоценозов, можно обнаружить все описанные выше процессы. Имеющиеся в настоящее время сведения о процессах, протекающих в агроэкосистемах под влиянием хозяйственной деятельности человека, указывают на целый комплекс существенных изменений их структуры и функций, в том числе: изменение их динамических качеств, нарушение системных свойств, дезинтеграцию межвидовых взаимосвязей и механизмов регуляции, обеднение видового разнообразия, кардинальное изменение состава ядра доминантных видов консументов, интенсификацию адаптациогенеза консументов, расширение ареалов и изменение цикличности их многолетней динамики численности и др. [Павлюшин и др., 2006, 2008].

В последние годы среди вредителей зерновых злаков на юге России отмечено значительное повышение численности и высокая вредоносность пшеничной мухи *Phorbia fumigate* Meig. Этот вид превратился в доминантный вместо ранее доминировавших шведских мух *Oscinella frit* L. и *O. pusilla* Meig. [Махоткин, 2000; Вошедский, Махоткин, 2002]. В степной зоне Северного Кавказа, как отмечают Э.А. Пикушова, О.В. Роженцова и Л.Н. Хомицкая [2007], в последние 7–10 лет наблюдается стабильно высокая численность ранее не имевшего здесь практического значения

пшеничного трипса *Haplothrips tritici* Kurd., резко возросла численность красногрудой пьявицы *Lema melanopus* L. на озимой пшенице, а также значительно расширилась зона вредоносности хлебной жужелицы *Zabrus tenebrioides* Goeze, которая ныне вредит не только в северной, но и в центральной и западной зонах Краснодарского края. В последние годы в Беларуси значительно расширился ареал и усилилась вредоносность на озимых зерновых культурах ржаного (*Limothrips denticornis* Hal.) и пустоцветного (*Haplothrips aculeatus* F.) трипсов и красногрудой пьявицы [Званкович и др., 2011]. В агробиоценозах овощных крестоцветных культур Северо-Западного региона РФ ранее многочисленны капустная белянка *Pieris brassicae* L. и рапсовый клоп *Eurydema oleracea* L. из доминантных видов превратились в редко встречающиеся. Доминантами по численности и вредоносности здесь стали репная белянка *P. rapae* L. и крестоцветные блошки – жуки-листоеды рода *Phyllotreta* Fourd. [Асякин, Иванова, 1999]. В этом же регионе на овощных и цветочных культурах защищенного грунта отмечено увеличение видового состава вредителей (до 20 и более), среди которых, помимо обыкновенного паутинного клеща *Tetranychus urticae* Koch., табачного трипса *Thrips tabaci* Lind. и бахчевой тли *Aphis gossypii* Glov., доминируют оранжерейная белокрылка *Trialeurodes vaporariorum* Westw. и западный цветочный трипс *Frankliniella occidentalis* Perg. [Павлюшин и др., 2001; Великань, Иванова, 2005]. В плодовых садах Крыма, Кавказа, юга Украины и Казахстана во второй половине XX века постепенно утратила практическое значение желто-бурая ранняя совка *Orthosia cerasi* [Овсянникова, Гричанов, 2007]. В то же время в плодовых садах Северо-Кавказского региона в комплексе растениемядных клещей наиболее значимым по численности и вредоносности видом в последние годы стал ржавый яблонный клещ *Aculus schlechtendali* Nal. [Сторчевая, 2005]. В последние годы на виноградниках Краснодарского края одним из вредоносных видов стала хлопковая совка *Heliothis armigera* Hbn. [Хомичья и др., 2013]. По данным Т.Е. Анцуповой и Ю.С. Худoley [2007], на посевах озимого рапса в предгорной зоне этого же региона возросла численность и вредоносность рапсовой блошки *Psylliodes chrysocephala* L., ранее многочисленной и вредоносной лишь в Западной Европе. Имеются сведения Т.А. Автаевой [2007] о том, что такой антропогенный фактор, как нефтяное загрязнение залежных территорий в Северо-Кавказском регионе, приводит не только к снижению численности и динамической плотности таких представителей почвенной мезофауны, как жужелицы (Carabidae), но и к уменьшению количества доминантных видов с 10 до 6 и, в то же время, нарастанию численности *Pterostichus fornicatus* или *P. explodens* в зависимости от степени загрязнения.

Согласно И.Б. Бурковскому и др. [2003] изменение видового состава на временной шкале функционирования экосистем происходит постепенно и является результатом индивидуальной реакции каждого вида на состояние среды и биоценологическое окружение. А.А. Горелов [2009] подчеркивает, что «в монокультурах межвидовое дублирование полностью меняется на внутривидовое». В связи с необходимостью разработки и совершенствования систем защиты растений в целях оптимизации фитосанитарного состояния агроэкосистем, наблюдаемая в настоящее время

смена доминантов в ядре хозяйственно значимых видов вредных организмов на многих сельскохозяйственных культурах и формирование группы фитофагов-супердоминантов требует детального их изучения. Можно предполагать, что одной из причин этих преобразований является резкое снижение в 90 гг. прошлого столетия объемов химической защиты растений, что привело к увеличению численности и вредоносности малозначимых видов и переходу их в разряд доминантных, что сказалось на фитосанитарной дестабилизации агробиоценозов.

Одновременно с изменениями видового состава функциональных группировок в агроэкосистемах происходят также глубокие изменения в биологии ряда доминантных видов консументов [Павлюшин и др., 2008]. Характерным проявлением этого является изменение типа многолетней динамики их численности. В частности, у таких вредителей как хлопковая совка, вредная черепашка (на периферии ареала) и стадные саранчовые периоды между вспышками массовых размножений сократились с 9–12 до 3–5 лет [Столяров, 2007; Пикушова и др., 2007 и др.]. У капустной моли и колорадского жука в настоящее время в пределах всего ареала и вредной черепашки в центре ареала отмечается высокая численность без выраженных ее колебаний по годам [Павлюшин и др., 2009, 2010]. На своеобразии динамики численности вредной черепашки в разных частях ареала указывали Г.М. Доронина и Л.А. Макарова [1976]. Существенную значимость подобных изменений в многолетней ритмике численности видов подчеркивает Н.П. Наумов [1955, 1963], который считает, что «тип динамики населения – такая же характерная видовая или групповая особенность, как и их морфофизиологические свойства».

Как отмечает М.И. Будыко [1977], все экологические системы находятся в условиях постоянных колебаний численности составляющих их популяций растений и животных. Эти колебания происходят как автоколебательный процесс и могут длительное время сохранять устойчивость. В связи с этим наблюдаемые нарушения эволюционно сложившейся многолетней динамики численности вредителей свидетельствует о глубоких изменениях эпигенетического ландшафта популяций в разных частях их ареалов. К сожалению, в условиях глобального антропогенного воздействия на агробиоценозы организация пространственно-временной структуры популяций вредоносных видов членистоногих, дающих вспышки массовых размножений, исследована недостаточно.

Одной из наиболее актуальных биоэкологических проблем отрицательных последствий усиления антропогенных воздействий на агроэкосистемы является активизация проявлений адаптивной изменчивости как модификационной, так и генотипической, и у растений-эдификаторов, и у консументов всех уровней [Филиппченко, 1926; Шмальгаузен, 1940, 1964, 1968; Кожанчиков, 1948, 1951, 1958; Шапиро, 1964, 1966, 1985; Вилкова и др., 1979; Вилкова, 1988; Шапиро и др., 1981; Фасулати, 1988; Вилкова, Фасулати, 2001; Жученко, 2004; Павлюшин и др., 2008, 2011, 2013]. При этом аутоэкологические и популяционно-динамические реакции компонентов ценоза имеют характер адаптационного и проявляются на всех уровнях организации живых систем: молекулярно-генетическом,

организменном (индивидуальном), популяционном и биоценоотическом.

Проблема разработки путей и средств управления изменчивостью живых организмов считается одной из важнейших проблем, стоящих в настоящее время перед биологической наукой. Это оказалось особенно важно для защиты растений в связи с интенсификацией процессов адаптиогенеза вредных организмов в агроэкосистемах, индуцируемых усилившимися антропогенными воздействиями.

На организменном уровне адаптиогенез формируется в пределах широты нормы реакции генотипа в виде модификационной адаптивности. Ранее мы отмечали, что активация фенотипической изменчивости фитофагов в условиях трансформации агробиоценозов является одним из механизмов поддержания устойчивости их функционирования. На популяционном уровне она проявляется (при преобладании движущей формы отбора) в изменении генотипической структуры популяции и популяционных норм реакций по ряду взаимосвязанных адаптивных признаков, то есть в виде формообразовательной адаптивности. Такие явления классифицируются как микроэволюционные процессы формообразования – внутривидовые дивергенции. Они ведут к формированию популяций и надпопуляционных внутривидовых форм с новыми приспособительными свойствами [Шмальгаузен, 1968; Майр, 1974; Завадский, Колчинский, 1977; Тимофеев-Ресовский и др., 1977; Шварц, 1980; Яблоков, 1987; Васильев, 2005; Васильев, Васильева, 2005 и др.].

Популяции видов в ненарушенных экосистемах характеризуются высокой устойчивостью и инерционностью своей структуры и всего эпигенетического ландшафта. Однако при ослаблении регуляторных механизмов в экосистемах, что, как отмечено выше, весьма типично для агробиоценозов, резко ускоряются темпы и изменяется направленность микроэволюционных процессов формообразования в популяциях биотрофов. В таких условиях при усилении действия движущей формы естественного отбора микроэволюционные преобразования в популяциях видов, населяющих экосистему, приобретают вид «некогерентной эволюции», скорость которой возрастает на несколько порядков по сравнению с нормальными темпами «когерентной эволюции», протекающей в условиях ненарушенных равновесных экосистем при преобладании стабилизирующей формы отбора [Завадский, Колчинский, 1977; Жерихин, 1979, 2003; Васильев, 2005; Васильев, Васильева, 2005 и др.].

Ведущую роль в формировании быстрых репаративных адаптивных откликов сообществ и популяций доминантных видов на антропогенную трансформацию среды выполняют эпигенетические процессы индивидуального развития [Васильев и др., 2000; Васильев, 2005; Драгавцев, 2006]. По мнению авторов, в основе популяционных и ценоотических трансформаций лежат фундаментальные онтогенетические (эпигенетические) явления, от которых зависит, как осуществляются процессы становления, формирования, поддержания и изменения природных популяций животных. При этом важное значение в детерминации дивергентных процессов в популяциях членистоногих вредителей имеют видовые и сортовые особенности возделываемых растений и, прежде всего, механизмы опре-

деленных иммуногенетических барьеров. Так, по мнению А.А. Жученко [2004], каждый сорт, выступающий в качестве растения-хозяина, не только селекционирует и накапливает определенные расы, штаммы, генотипы, но одновременно является и фоном отбора, изменяя генетическую структуру популяции вредного вида.

Проведенные в ВИЗР исследования биоценоотических функций иммунитета растений в разных типах агробиоценозов показали, что наибольшим эффектом эволюционного возмущения в популяциях биотрофов, индуцирующим и ускоряющим процессы их адаптивной изменчивости и микроэволюции, обладают механизмы физиологического и оксидативного барьеров иммуногенетической системы растений. Основу механизмов этих барьеров составляют физиологически активные вещества вторичного обмена растений (ФАВ) и продукты их окисления, воздействующие избирательно на различные генотипические формы в популяциях биотрофов по аналогии с действием пестицидов и других физиологически активных соединений. В наименьшей степени формообразовательная реактивность у биотрофов выражена при воздействии на них таких механизмов иммуногенетических барьеров устойчивости растений, как атрептический, морфологический, ростовой, органогенетический, которые в равной степени воздействуют на любые их биотипы (табл. 2).

Ответные реакции на названные выше механизмы иммуногенетической системы растений можно подразделить на два типа, которые имеют общие закономерности, характеризующиеся возбуждением и реализацией каскада последовательно проявляющихся реакций. В то же время отмечается специфика этих типов реакций отклика, обусловленная природой воздействующего фактора, интенсивностью и длительностью его действия, а также биологическими особенностями доминантных видов биотрофов. При этом следует учитывать, что все изменения биологических систем, согласно теории систем, в зависимости от повреждающего воздействия классифицируются или как компенсаторные, развивающиеся чаще всего в пределах «нормы реакций», или как расстройства регуляции, связанные с существенным нарушением структуры и функции биологических систем.

Реактивность первого типа проявляется у растениеядных членистоногих наиболее полно на молекулярно-генетическом и организменном уровнях, мало затрагивает популяционный уровень и протекает при преобладающем действии стабилизирующего отбора. Важно отметить, что к факторам, вызывающим данный тип реактивности, относятся такие механизмы иммуногенетической системы растений-продуцентов, как морфологический, атрептический, органогенетический, ростовой и ингибиторный барьеры (табл. 2). Преобладание механизмов этих барьеров у растений существенно сказывается на обеспечении фитофагов жизненно необходимыми веществами, энергией и вызывает у них общее снижение жизнедеятельности, проявляющееся в понижении уровня обмена веществ, изменениях стереотипа пищевого поведения, компенсаторно-приспособительных реакциях пищеварительной системы, что приводит к повышению энергозатрат на пищедобывающую деятельность, сказывается на снижении КПД усвоения пищи и сопровождается функциональными гетерохрониями. При этом развивающиеся у фитофагов

Таблица 2. Система иммуногенетических барьеров растений, ограничивающих повреждение вредителями, и типы реакций отклика фитофагов на их воздействие [Вилкова, 1980, Павлюшин и др., 2008]

КОНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ БАРЬЕРЫ вегетативных и репродуктивных органов		ИНДУЦИРОВАННЫЕ БАРЬЕРЫ вегетативных и репродуктивных органов	
Атрептический (различия в молекулярной структуре основных биополимеров пищи)	1	Некротический (отмирание клеточных комплексов тканей и органов)	1
Морфологический (различия в структуре тканей и органов)	1	Галлогенетический (формирование галлов)	1
Ростовой (различия процессов роста)	1	Тератогенетический (формирование терат)	1
Органогенетический (различия в процессах дифференциации)	1	Репарационный (процессы заместительного возобновления органов)	1
Физиологический (различия физиологических процессов и обмена веществ)	2	Оксидативный (процессы окисления продуктов обмена веществ)	2
Ингибиторный (наличие конституциональных белков-ингибиторов)	1	Ингибиторный (проявление ингибирующего эффекта у конституциональных соединений)	1

Типы реакций отклика фитофагов на воздействие механизмов барьеров:
1 – преобладание модификационной адаптивности и стабилизирующей формы отбора (процессы микроэволюции замедлены);
2 – преобладание формообразовательной адаптивности и движущей формы отбора
(индукция, ускорение, изменение направленности процессов микроэволюции)

онтогенетические адаптации [Покровский, 1974; Уголев, 1985], в основном не способны обеспечить организм насекомым количеством нутриногенов, адекватным функционированию их физиологических систем. В результате действия механизмов атрептического и ингибиторного барьеров, проявляющееся в низкой атакуемости ферментами потребителей основных биополимеров кормовых растений (белков, жиров и углеводов – стереоскопически комплементарных структур молекул), вызывает у фитофагов снижение жизнедеятельности, что характеризуется как синдром «неполного голодания» и сказывается на уровне их плодовитости.

Перечисленные факторы обычно воздействуют на все генотипические формы в популяции фитофага примерно в равной степени, поскольку обычно ни один из генотипов не имеет селективных преимуществ перед другими. В итоге происходит неизбежная элиминация его численности без выраженной индукции или активизации микроэволюционных процессов формообразования в популяции последнего, то есть с сохранением и поддержанием ее существующей генетической структуры. Все наблюдаемые биоценотические изменения при этом происходят по принципу упомянутой выше когерентной эволюции, протекающей плавно и относительно медленно при преобладании стабилизирующего отбора [Жерихин, 1979]. Такой тип адаптиогенеза наблюдается у вредителей злаковых колосовых культур, в том числе и у такого экономически значимого для России объекта как вредная черепашка.

Второй тип реактивности проявляется при действии на фитофагов ФАВ. Это относится, в первую очередь, к кормовым растениям с высоким содержанием вторичных метаболитов, а также к генетически модифицированным растениям с включением в их генетический аппарат токсинов разной природы. В этом случае каскад реакций отклика на всех уровнях организации биологических систем характеризуется иными процессами. На уровне организма реактивность более специфична, характеризуется резким дисбалансом в определенных ключевых этапах обменных процессов и переключением тех или иных путей метаболизма, в частности с углеводного на липидный. При этом

происходит искажение хода аэробного обмена и активизация ферментов анаэробного обмена (каталазы, полифенолоксидазы, пероксидазы, монооксигеназ, эстераз). Такие процессы сопровождаются повышением уровня содержания в организме фитофага биогенных аминов, что указывает на развитие у них стресс-реакций [Прохорова, 1982; Вилкова, Иващенко, 2001; Вилкова и др., 2001]. Это свидетельствует о включении защитных механизмов организма от повреждающего воздействия ФАВ, то есть механизмов детоксикации последних, что повышает сопротивляемость выживших особей к их воздействию.

Описанный выше каскад ответных реакций членистоногих на воздействие ФАВ имеет множество генетически детерминированных особенностей, характеризующих широкий спектр внутривидового полиморфизма по ряду физиолого-биохимических параметров. Реакции отклика фитофагов на воздействие ФАВ проявляются и на биоценотическом уровне, приобретая характер формообразовательной адаптивности, то есть принимая вид микроэволюционных процессов. Происходит резкая элиминация численности особей одних генотипов и избирательное выживание других, имеющих селективное преимущество. Это ведет к перестройке генетической структуры популяций консументов всех порядков, следствием чего является нарушение экологической стабильности экосистем. При этом следует учесть, что, согласно положениям эволюционной экологии, в условиях разрушения ряда биоценотических структур формообразовательные процессы, скорее всего, примут ярко выраженный характер некогерентной эволюции. Она, как отмечено выше, отличается высокими темпами, так как не ограничена прессом надпопуляционных систем, а определяется почти исключительно популяционно-генетическими механизмами [Жерихин, 1979].

Соответственно, если при первом типе реактивности консументов в агробиоценозах преобладает стабилизирующая форма отбора, сохраняющая исходный состав и генетическую структуру популяций гетеротрофов, то при втором типе реактивности доминирует движущая форма отбора, меняющая состав и структуру популяций за

счет накопления форм, наиболее приспособленных к новым, изменившимся условиям существования. Очевидно, именно поэтому, по сравнению с когерентной эволюцией, характеризующейся высоким буферным эффектом, при некогерентной эволюции формообразовательные процессы в популяции протекают на 5–6 порядков быстрее [Жерихин, 1979]. Примерами быстрого микроэволюционного формирования внутривидовых форм под воздействием ФАВ служат такие полиморфные виды фитофагов как колорадский жук, хлопковая совка и др.

Еще более острая ситуация в агробиоценозах складывается при совместном экзогенном и эндогенном воздей-

ствии на популяции гетеротрофов форм кормовых растений с высоким содержанием веществ вторичного обмена в сочетании с обработкой посевов в процессе вегетации пестицидами или индукторами устойчивости. В подобных случаях микроэволюционные преобразования популяций фитофагов еще более ускорятся и в конечном итоге приведут к появлению более агрессивных форм вредителей. Сходные явления будут происходить и при возделывании трансгенных сортов растений, например, трансгенные сорта картофеля и хлопчатника, содержащие ВТ-токсин, о чем в литературе имеются сведения [Tabashnik, 1994; Павлюшин и др., 2008; Сухорученко и др., 2010 и др.].

Таблица 3. Типы реактивности популяций консументов на воздействие антропогенных факторов в условиях агробиоценозов при питании на пшенице с различными механизмами устойчивости

Индукторы адаптивных процессов у консументов	Характер воздействия индукторов на генотипические формы вида-«мишени»	Особенности проявления реактивности у вида-«мишени»	Формы адаптациогенеза вида-«мишени»	Преобладающая форма естественного отбора	Биоценологические последствия
Первый тип реактивности:					
Устойчивые формы растений с преобладанием механизмов атрептического, морфологического, ростового, органогенетического и ингибиторного барьеров иммуногенетической системы	Неизбирательное	Преимущественно на индивидуальном (организменном) уровне	Преобладание модификационной адаптивности: компенсаторно-приспособительные реакции в пределах широты норм реагирования особой любых генотипических форм в популяции вида-«мишени»	Стабилизирующая	Замедление процессов микроэволюции (без изменений их вектора) в популяциях всех видов консументов; сохранение биоразнообразия агробиоценозов
Второй тип реактивности:					
Физиологически активные вещества (ФАВ), устойчивые формы растений с высоким содержанием ФАВ вторичного обмена, индукторы устойчивости растений, пестициды, трансгенные формы растений, продуцирующие ВТ-токсины	Избирательное (селективное)	Преимущественно на популяционном и биоценологическом уровнях	Преобладание формообразовательной адаптивности: изменение вектора и ускорение процессов микроэволюции с трансформацией состава, генетической структуры и адаптивных норм популяции вида-«мишени» (развитие резистентности к ФАВ)	Движущая	Смена вектора и ускорение процессов микроэволюции у всех консументов; обеднение биоразнообразия и дезинтеграция всего агробиоценоза

Таким образом, наиболее типичными и распространенными индукторами микроэволюционных процессов в популяциях вредителей культурных растений являются в основном те факторы антропогенного воздействия на агробиоценозы, действующее начало которых вызывает селективный эффект. Это механизмы физиологического и оксидативного барьеров устойчивости растений-хозяев, то есть ФАВ вторичного обмена растений и продукты их окисления (табл. 2), а также инсектициды различных химических классов и микробиопрепараты, полученные на основе бактериальных токсинов [Новожилов и др., 1988; Вилкова, Ивашенко, 2000; Сухорученко и др., 2000, 2010; Вилкова, Фасулати, 2001; Вилкова и др., 2001, 2002, 2003]. Но при этом важно иметь в виду, что процессы приспособительной микроэволюции, независимо от факторов-индукторов, ускоренно происходят у наиболее изменчивых видов насекомых, отличающихся широким спектром адаптационного полиморфизма. Доказано, что чем более изменчив вид, тем шире и спектр его экологической пластичности, характеризующей широту того онтогенетиче-

ского и эволюционного адаптивного потенциала, который может быть реализован посредством микроэволюционных преобразований структуры популяций при изменении условий его обитания [Шмальгаузен, 1968; Шварц, 1980; Яблоков, 1987; Васильев, 2005 и др.]. На наш взгляд, это характерно для большинства доминантных и супердоминантных видов консументов в сложившейся структуре агробиоценозов [Вилкова, Фасулати, 2000, 2001; Павлюшин и др., 2006, 2008; Фасулати, 2007].

В целом, наблюдаемые в настоящее время изменения популяционных характеристик гетеротрофов дают основание полагать, что условия большинства современных агробиоценозов и агроландшафтов способствуют ускорению процессов адаптациогенеза в популяциях наиболее изменчивых доминантных видов консументов, составляющих основу сообществ, что нарушает их структуру и приводит к изменению «адаптивной нормы» эпигенетической системы популяций. Как показано на примерах колорадского жука, хлопковой совки, вредной черепашки и др., это проявляется в ускоренном отборе их популяционных

форм, адаптированных к тем или иным лимитирующим факторам среды. В результате этого местные популяции фитофагов за весьма короткие сроки (несколько лет) утрачивают чувствительность, например, к отдельным иммуногенетическим механизмам возделываемых устойчивых сортов и регулярно применяемым химическим или микробиологическим средствам защиты растений [Вилкова, Фасулати, 2001; Вилкова и др., 2002, 2003, 2005; Павлюшин и др., 2005а, 2006, 2011; Сухорученко, 2005; Sukoruchenko, Dolzhenko, 2008]. В связи с этим при построении систем защиты растений возникает необходимость проведения биомониторинга за внутривидовой изменчивостью фитофагов, как обязательного элемента.

Одной из форм проявления эффекта трансформации экосистем под влиянием антропогенного пресса считают изменение ареалов видов растений и животных, принимающее в настоящее время глобальные масштабы. Рассматривая динамику ареалов насекомых под влиянием хозяйственной деятельности человека, К.Б. Городков [1998] выделяет 3 группы таких изменений:

1) Сокращение ареалов; вымирание многих видов вследствие исчезновения природных биогеоценозов в результате их прямого уничтожения. По мнению автора, в ближайшие 50–100 лет значительно сократятся ареалы большинства видов насекомых, а 40–60% видов в конечном итоге вымрут.

2) Сохранение ареалов. Автор считает, что к антропогенной среде адаптируется около 10% видов насекомых.

3) Расширение ареалов. К этой группе видов членистоногих автор относит и вредителей сельскохозяйственных культур и интродуцентов.

Проблема видов, расширяющих свои видовые ареалы, за последние два десятилетия выдвинулась в число наиболее важных проблем охраны окружающей среды. Эти изменения в биогеоценозах и агробиоценозах по своей значимости и масштабам вызываемых изменений в сообществах во многих случаях превосходит такие формы антропогенного воздействия, как органическое загрязнение [Голубков, 2004]. Так, по материалам ЕОКЗР, за период с 1995 по 2004 год в 29 странах Европы зарегистрировано 8889 чужеродных (адвентивных) видов вредных организмов, переселившихся с других территорий [Roques, Auger-Rozenberg, 2006]. Среди выявленных адвентивных видов 75.9% составляют насекомые, из которых 30.7% – двукрылые (в том числе 66.7% – минирующие мухи), 30% – равнокрылые хоботные (из них 82.7% – белокрылки), 17.8% – жесткокрылые и 9.3% – чешуекрылые. Только в европейской части России зарегистрировано более 150 чужеродных видов среди свободно живущих беспозвоночных [Орлова, 2004].

Процессу территориального расселения видов, вызывающим его причинам, а также механизмам и экологическим последствиям посвящено большое число фундаментальных работ [Иогансен, 1963; Старобогатов, 1970; Карпевич, 1998; Ижевский, 2002; Алимов и др., 2004; Голубков, 2004 и др.]. Территориальная экспансия видов (биологические инвазии) является, по мнению А.Ф. Алимова и др. [2004], главной составляющей процесса современной эволюции экосистем, приводящей к «гомогенизации биосферы», т.е. к «великому переселению» из одного региона в другой видов, которых там ранее не было. Счи-

тается, что это широко распространенный естественный процесс, масштабы и интенсивность которого усиливает хозяйственная деятельность человека, вызывает в экосистемах массу нежелательных последствий экологического, экономического и социального характера.

По мнению многих исследователей, инвазийные или адвентивные виды относятся ко второй по значению (после разрушения мест обитания) угрозе биоразнообразию природных аборигенных экосистем, одной из угроз устойчивости биологических ресурсов и здоровью людей, а также могут приводить к серьезным экономическим потерям [Алимов и др., 2004; Голубков, 2004; Васильев, 2005; Vitousek et al., 1997; Mack et al., 2000; Pimentel et al., 2000 и др.].

Рассматривая подробно различные причины процесса современного интенсивного расселения видов, его стадии и последствия, А.Ф. Алимов с соавторами [2004] отмечают существенные различия между естественными и антропогенными изменениями их ареалов. Расселение, вызванное исключительно за счет естественных причин, происходит, по мнению авторов, сравнительно медленно, путем последовательного проникновения вида в новые местообитания, в то время как изменения ареалов, связанные прямо или косвенно с хозяйственной деятельностью человека, протекают более высокими темпами. При этом считается, что на современном этапе естественный процесс расширения ареалов чаще всего является частью или продолжением антропогенно индуцированного процесса.

Расширение видовых ареалов происходит двумя основными путями – диффузно и скачкообразно. В случае диффузии скорость прирачивания площади ареала сравнительно невелика. Скачкообразный тип, осуществляемый преимущественно под действием природных факторов (с течениями, ветрами и др.) или антропогенным путем (завоз с продукцией, торговля и др.), способствует быстрому освоению видом больших территорий. Одним из ярких примеров антропогенного заноса вида в агроэкосистемы является картофельная моль *Phthorimaea operculella* Zell., опасный вредитель картофеля, завезенный на юг России с посадочным материалом в двадцатые годы прошлого века и ныне широко распространенный в Краснодарском, Ставропольском краях и других регионах страны [Юсупов, 2006]. Еще одним видом, попавшим в Россию антропогенным путем и представляющим угрозу для производства томата, является южноамериканская томатная минирующая моль *Tuta absoluta* Meug. Этот вредитель, впервые обнаруженный в 2010 г. в одной из теплиц в г. Краснодаре [Ижевский и др., 2011], уже в 2012 г. был выявлен в теплицах Майкопского района Адыгеи, в открытом и защищенном грунте в нескольких районах Дагестана и Уфимского района Башкирии [Жимерикин, Миронова, 2013].

Согласно современным представлениям об основных закономерностях протекания биологических инвазий, освоение видом-вселенцем новых для него экосистем-«реципиентов» – это процесс адаптациогенеза. Суть его заключается в последовательном преодолении адвентивным видом в зоне инвазии различных абиотических и биотических барьеров, в т.ч. и посредством микроэволюционных процессов в его популяциях.

Отличительной особенностью зон инвазии многих адвентивных видов насекомых в фазу их адаптации к но-

вым местам обитания является практическое отсутствие специализированных энтомофагов и энтомопатогенов и медленная адаптация к ним многоядных энтомофагов и патогенов. При этом как в природных экосистемах, так и в агроэкосистемах формируется неполная – редуцированная пищевая цепь, что при отсутствии устойчивых растений-хозяев снижает эффективность биоценотической регуляции [Ушатинская, 1981; Вилкова и др., 2001]. Позднее натурализовавшийся адвентивный вид включается (интегрируется) в трофические цепи экосистемы и во все связанные с ними потоки вещества, энергии и обмена информации. Он, таким образом, становится постоянным компонентом консорциумов биоценоза.

Важно иметь в виду, что описанный процесс, особенно на этапах акклиматизации и натурализации, неизбежно сопровождается высокими темпами микроэволюционных изменений генетической и фенотипической структуры популяций адвентивного вида в зоне инвазии (вторичном ареале) по сравнению с их состоянием в его историческом (первичном) ареале, поскольку в подобных случаях всегда имеет место изменение экологических условий обитания вида. В связи с этим отмечается, что к натурализации и интеграции в «экосистемах-реципиентах» зоны инвазии адвентивного вида способны только экологически пластичные виды-вселенцы, обладающие достаточной шириной адаптивного потенциала [Алимов, Богущкая, 2004]. В агроэкосистемах в случае благополучной натурализации вида вредителя и его интеграции в зоне вселения создаются предпосылки для его массового размножения и роста численности.

Анализируя последствия антропогенного расселения видов на новые территории, И.И.Николаев [1979] отмечает, что вслед за завершением периода акклиматизации наступает фаза вспышки продуктивности нововселенца, т.е. фаза «популяционного взрыва». Обновление среды действует в этом случае как неспецифический стимулятор, т.е. фактор своеобразного «экологического гетерозиса».

В настоящее время особое беспокойство у специалистов вызывает интенсивное расширение ареалов ряда доминантных и супердоминантных видов членистоногих. В их числе такие серьезные вредители сельскохозяйственных культур, как отмеченные выше колорадский жук, хлопковая совка, картофельная моль, вредная че-

репашка, западный цветочный трипс, а также кукурузный жук *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, хлопковая белокрылка *Bemisia tabaci* Genn., гороховый листовой минер *Liriomyza huidobrensis* Blanch. и др. Среди вредителей декоративных древесных культур к таким видам, обосновавшимся в последние годы на Черноморском побережье России, относятся самшитовая огневка *Cydalima perspectalis* Walker, цикадка белая *Metcalfa pruinosa* Say, южная можжевельниковая моль *Gelechia senticetella* Stgr [Карпун и др., 2015]. Для этих видов с широкой экологической пластичностью характерно ускоренное формирование широкого спектра экологических адаптаций к всевозможным изменениям абиотических и биотических факторов среды, включая антропогенные, и к активному внедрению в растительные сообщества зон инвазии.

В связи с отмеченными изменениями в структурно-функциональной организации агроэкосистем в условиях усиленного антропогенного воздействия возникает необходимость проведения биомониторинга негативных процессов адаптивной генотипической изменчивости гетеротрофов. В первую очередь это касается изучения темпов и факторов эпигенетических перестроек популяций, а также их морфогенетической устойчивости к техногенным воздействиям [Васильев, 2005].

Каждая природная популяция, как сложная надорганизменная генетико-экологическая система, состоит из определенных структурно-функциональных групп особей, представленных в разных соотношениях в популяциях, обитающих в различных экологических условиях [Шварц, 1973, 1980; Глотов, 1975, 1983; Васильев, 1988, 1992, 1996, 2005; Васильев, Васильева, 2005 и др.]. Микроэволюционное формирование популяционной структуры вида – процесс исторически длительный, сопряженный со становлением характерного для популяций фенотипа. При этом популяционная структура вида в ареале и специфика генетически детерминированного внутривидового биоразнообразия каждой его популяции относительно устойчиво поддерживается в пространстве и во времени. Однако, при ослаблении регуляторных механизмов экосистем вследствие антропогенных воздействий, резко ускоряются темпы и изменяется направленность микроэволюционных процессов формообразования, что полностью отвечает общим положениям популяционной биологии.

Заключение

Представление о внутривидовой структуре можно получить путем целенаправленного изучения географических и биотопических популяций в пределах ареала вида. С эволюционно-экологических позиций диверсификацию популяций можно представить как процесс, направленный на наибольшее их приспособление к местным условиям, сопровождающийся возникновением экологических, генетических и фенетических различий между ними [Васильев, 1996, 2005].

В связи с этим обязательным элементом современных технологий растениеводства должен быть агроэкологический мониторинг последствий возрастающего антропогенного воздействия на агроэкосистемы. Он должен предусматривать анализ изменений видового, внутривидового и внутривидового биоразнообразия консументов всех уровней в агроэкосистемах, и в первую очередь – у

доминантных и супердоминантных вредителей. Эти виды могут служить тест-объектами (биоиндикаторами) для обнаружения всевозможных последствий процессов антропогенной трансформации агробиоценозов.

Результаты мониторинга должны учитываться при разработке зональных систем управления фитосанитарной обстановкой в агроэкосистемах для обеспечения высокой эффективности защитных мероприятий за счет сдерживания процессов адаптационного консументов к средствам защиты растений и другим специфическим факторам агропроизводства.

Таким образом формирование зональных систем управления фитосанитарной обстановкой в агроэкосистемах должно быть основано на многоуровневом подходе с учетом особенностей взаимодействий составляющих их элементов и соответствия следующим требованиям:

1) использование результатов новых научных исследований по важнейшим направлениям развития науки по защите растений, способствующих научному обеспечению АПК и других отраслей народного хозяйства в области фитосанитарии;

2) устранение причин стрессовых трансформаций агроэкосистем путем целенаправленного фитосанитарного проектирования (конструирования) агроэкосистем на основе смешанных посевов видов и сортов с **длительной устойчивостью** и высокими доместикационными свойствами;

3) сохранение оптимального видового и внутривидового биоразнообразия и биохорологической структуры агробиоценозов для повышения экологической устойчивости агроэкосистем;

4) снижение селективного действия средств защиты растений и на популяции вредных организмов в целях сдерживания микроэволюционных процессов и расширения ареалов вредоносности;

5) проведение регулярного биомониторинга фитосанитарного состояния агробиоценозов для прогнозирования необходимости проведения защитных мероприятий, способствующих росту величины и качества урожая;

6) обязательное проведение агроэкологического мониторинга последствий антропогенного воздействия на агроэкосистемы и оценки фитосанитарных рисков применения как общепринятых, так и новых средств защиты растений, использования новых технологий обработки почвы и нарушенных севооборотов, а также наличия больших площадей заброшенных земель.

Библиографический список (References)

- Аникин В.В. Эколого-географические особенности распространения чехлоносок (LEPIDOPTERA, COLEOPHORIDAE) фауны России // Поволжский экологический журнал. 2002. N 3. С. 187–198.
- Алимов А.Ф. и др. (колл. авторов) Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах // Фундаментальные зоологические исследования. Теория и методы. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2004. 436 с.
- Арнольди К.В. О лесостепных источниках и характере проникновения в степь лесных насекомых при степном лесоразведении // Зоологический журнал. 1953. Т. 32. В. 2. С. 175–194.
- Асякин Б.П., Иванова О.В. Управление развитием фитофагов в системе триотрофа (на примере агроценоза капусты) // Агро XXI. 1999. N 12. С. 16–17.
- Бей-Биенко Г.Я. О некоторых закономерностях изменения фауны беспозвоночных при освоении целинной степи // Энтомологическое обозрение. 1961. Т. 39. С. 5–33.
- Будыко М.И. Эволюция биосферы. Л.: Гидрометеоиздат. 1981. 487 с.
- Васильев А.Г., Васильева И.А. Эпигенетические перестройки популяций как вероятностный механизм наступления биоценологического кризиса // Вестник Нижегородского университета им. Н.И.Лобачевского. Серия биология. Материалы VIII Всероссийского семинара «Популяции в пространстве и времени» (11–15 апреля 2005 г.). 2005. N 1. С. 27–38.
- Великань В.С., Иванова Г.П. Современное состояние комплекса фитофагов в экосистемах овощных и цветочных культур в теплицах Северо-Запада // II Всероссийский съезд по защите растений. Фитосанитарное оздоровление экосистем. Симпозиум по резистентности. 2005. С. 17–19.
- Викторов Г.А. Биоценоз и вопросы численности насекомых // Общая биология. 1960. Т. 21. В. 6. С. 401–410.
- Вилкова Н.А., Иващенко Л.С. Иммуниет растений к вредителям и его роль в биорегуляции агроэкосистем // Труды РЭО. Т. 72. 2001. С. 74–75.
- Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Фасулати С.Р. Антропогенные факторы микроэволюции насекомых-фитофагов в агробиоценозах, включая трансгенные сорта картофеля // Трансгенные растения – новое направление в биологической защите растений // Материалы международной научно-практической конференции. Краснодар.: 2003. С. 170–179.
- Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Фасулати С.Р. Стратегия защиты сельскохозяйственных растений от адвентивных видов насекомых-фитофагов на примере колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae) // Вестник защиты растений. СПб, 2005. N 3. С. 3–15.
- Вилкова Н.А., Шапиро И.Д., Фролов А.Н. Направленность микроэволюционных процессов у фитофагов и их связь с научно-техническим прогрессом // Труды ВИЗР. Вопросы экологической физиологии насекомых и проблемы защиты растений. Л.: 1979. С. 18–24.
- Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Фасулати С.Р., Иващенко Л.С., Васильева Т.И., Иванова Г.П., Дорохов Д.Б. Методы оценки влияния трансгенных сортов картофеля на жизнедеятельность и микроэволюционные преобразования колорадского жука // Методы мониторинга и прогноза развития вредных организмов. М. – СПб.: 2002. С. 52–62.
- Драгавцев В.А. Молекулярный, онтогенетический, популяционный и фитоценологический уровни эколого-генетической организации хозяйственно-ценных признаков растений // Сельскохозяйственная биология. 2006. N 1. С. 115–123.
- Гиляров М.С. Современные представления о вторичных биоценозах // V совещание ВЭО. М.-Л.: АН СССР. 1963. С. 14–15.
- Гирусов Э.В. Экологическое сознание как условие оптимизации взаимодействия общества и природы // Философские проблемы глобальной экологии. Наука. 1983. С. 105–120.
- Голубков С.М. Влияние чужеродных видов на функционирование водных экосистем // Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах. М. – СПб: Товарищество научных изданий КМК. 2004. С. 243–253.
- Горелов А.А. Экология. М.: Академия. 2009. 400 с.
- Городков К.Б. Динамика ареалов насекомых под антропогенным воздействием. Проблемы энтомологии в России // Сборник научных трудов РЭО. СПб.: 1998. Т. 1. С. 93–94.
- Гусева О.Г., Коваль А.Г., Вяземская Е.О. Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) агроландшафтов Северо-Запада России и особенности их комплексов в различных агроценозах // Вестник защиты растений. 2015. N 4 (86). С. 20–26.
- Емельянов А.Ф. Эволюция наземной биоты в свете биогеографии // Фундаментальные зоологические исследования. Теория и методы. М. – СПб.: Товарищество научных изданий КМК. 2004. С. 216–242.
- Жерихин В.В. Избранные труды по палеоэкологии и филоценогенетике. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2003. 542 с.
- Жимерикин В.Н., Миронова М.К. Южноамериканская томатная моль – угроза томатному производству // Защита и карантин растений. 2012. N 11. С. 32–34.
- Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агроферы (теория и практика). Монография. 2010. М.: Изд. Агрорус. 2004. Т. 1. 690 с. Т. 2. 466 с.
- Завадский К.М., Колчинский Э.И. Эволюция эволюции. Л.: Наука. 1977. 236 с.
- Ижевский С.С. Проникновение чужеземных растительных насекомых на территорию России // Защита и карантин растений. 2002. N 1. С. 28–29.
- Ижевский С.С., Ахадов А.К., Синев С.Ю., Жимерикин В.Н. Томатная минирующая моль выявлена уже в России // Защита и карантин растений. 2011. N 3. С. 40–44.
- Камшилов М.М. Биотический круговорот. М.: Наука. 1970. 160 с.
- Камшилов М.М. Преобразование информации в ходе эволюции. М.: 1974. 64 с.
- Карпевич А.Ф. Избранные труды: в 2-х томах, т. 2: Акклиматизация гидробионтов и научные основы аквакультуры // Памятники исторической мысли. М.: ВНИИРО, 1998, 870 с.
- Карпун Н.Н., Игнатова Е.А., Журавлева Е.Н. Новые виды вредителей декоративных древесных растений во влажных субтропиках Краснодарского края // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2015. В. 211. С. 187–203.
- Кожанчиков И.В. Биологические особенности европейских видов рода *Galerucella* и условия образования биологических форм у *Galerucella rineola* F. // Труды Зоологического института АН СССР. 1958. Т. 24. С. 271–322.
- Куркин К.А. Критерии, факторы, типы и механизмы устойчивости фитоценозов // Ботанический журнал. 1994. 79. 1. С. 313.
- Леквичус Э. Эволюция экосистем: основные этапы и возможные механизмы // Журнал общей биологии. 2002. Т. 64. N 5. С. 371–388.
- Майр Э. Популяции, виды и эволюция. М.: Мир. 1974. 460 с.

- Мамкаев Ю.В. Морфологические принципы систематизации биоразнообразия // Общая биология. 1996. Т. 57. В. 2. С. 40–51.
- Махоткин А.Г. Особенности распространения и причины подъема численности мух рода *Phorbia* (Diptera, Anthomyiidae) на озимой пшенице // Вестник защиты растений. 2000. N 3. С. 46–34.
- Мыслик Е.Н., Лунева Н.Н., Соколова Т.Д. Видовое разнообразие сорных растений местообитаний разного типа на территории Ленинградской области // Вестник защиты растений. 2015. N 1(83). С. 54–57.
- Наумова Н.И. Влияние условий зимовки на расселение колорадского жука при его территориальной экспансии в Северо-Западном регионе России // Вестник защиты растений. 2015. N 1(83). С. 45–48.
- Николаев И.И. Последствия непредвиденного антропогенного расселения водной фауны и флоры // Экологическое прогнозирование. М.: Наука. С. 76–93.
- Новожилов К.В. Защита растений – фитосанитарная оптимизация растениеводства. Проблемы оптимизации фитосанитарного состояния растениеводства // Оптимизация фитосанитарного растениеводства. Сб. Труды Всерос. съезда по защите растений. СПб.: 1997. С. 35–46.
- Новожилов К.В. Стратегия применения пестицидов в сельском хозяйстве в связи с охраной окружающей среды от загрязнения // Охрана природы и применение химических средств в сельском и лесном хозяйстве. ЗИН АН СССР. 1981. С. 39–44.
- Новожилов К.В., Сухорученко Г.И. Агрэкологические принципы использования инсектицидов в сельском хозяйстве России // Агрэхимия. 1995. N 1. С. 111–118.
- Новожилов К.В., Вилкова Н.А., Шапиро И.Д., Фролов А.Н. Проблемы микроэволюции в связи с научно-техническим прогрессом в сельском хозяйстве // Изменчивость насекомых-вредителей в условиях научно-технического прогресса в сельском хозяйстве. Л.: 1988. С. 13–23.
- Павлюшин В.А. Проблемы фитосанитарного оздоровления агроэкосистем // Вестник защиты растений. 2011. N 2. С. 3–9.
- Павлюшин В.А., Сухорученко Г.И., Вилкова Н.А. Резистентность вредных членистоногих к пестицидам и меры ее преодоления // Защита и карантин растений. 2013. N 5. С. 62–92.
- Павлюшин В.А., Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Фасулати С.Р., Нефедова Л.И. Фитосанитарные последствия антропогенной трансформации агроэкосистем // Вестник защиты растений. 2008. N 3. С. 3–26.
- Павлюшин В.А., Вилкова Н.А., Сухорученко Г.И., Нефедова Л.И. Вредная черепашка и другие хлебные клопы. Санкт-Петербург.: 2015. 280 с.
- Поляков И.Я. Методы управления агроэкосистемами в защите растений и принципы их разработки. Обзорная информация. М.: 1976. 64 с.
- Рафес П.М. Массовые размножения вредных насекомых как особые случаи круговорота веществ и энергии в лесном биогеоценозе // Сборник. Защита лесов от вредных насекомых. М.: Наука. 1964. С. 3–57.
- Реймерс Н.Ф. Системные основы природопользования // Философские проблемы глобальной экологии. Л.: Изд. Наука. 1983. С. 121–161.
- Слепян Э.И. Химические средства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве и в зеленом строительстве и проблема нарушения и восстановления экологических систем // Охрана природы и применение химических средств в сельском и лесном хозяйстве. АН СССР. ЗИН. 1981. С. 5–34.
- Старобогатов Я.И. Системный подход и экология // Сборник. Системные исследования (ежегодник). М.: Наука. 1970. С. 114–131.
- Столяров М.В. Современная ситуация со стадными саранчовыми (Orthoptera, Acrididae) на юге России. Достижения энтомологии на службе агропромышленного комплекса, лесного хозяйства и медицины // Тез. докл. XIII съезда РЭО. Краснодар.: 2007. С. 201–202.
- Сторчевая Е.М. Состояние резистентности яблонного ржавого клеща к инсектоакарицидам в Краснодарском крае и пути ее преодоления // II Всерос. съезд по защите растений. Фитосанитарное оздоровление экосистем. Симпозиум по резистентности. 2005. С. 58–60.
- Сухорученко Г.И. Экотоксикологический мониторинг – основа рационального применения пестицидов / Защита и карантин растений. 2005. N 1. С. 18–21.
- Сухорученко Г.И., Васильева Т.И., Иванова Г.П., Иванов С.Г., Зверев А.А. Положение с резистентностью колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* Say к инсектицидам в разных зонах картофелеводства России // Вестник защиты растений. 2010. N 3. С. 30–38.
- Тимофеев-Ресовский Н.В., Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. Краткий очерк теории эволюции. М.: Наука. 1977. 407 с.
- Уатт К. Экология и управление природными ресурсами. М.: Мир. 1971. 463 с.
- Уголев А.М. Эволюция пищеварения и принципы эволюции функций: элементы современного функционализма. Л.: Наука. 1985. 544 с.
- Федоров Е.К. Экологический кризис и социальный прогресс. Л.: Гидрометеоздат. 1977. 176 с.
- Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. М.: Изд. МГУ. 1980. 464 с.
- Шапиро И.Д. Вопросы управления численностью вредных членистоногих в современных условиях научно-технического прогресса в сельском хозяйстве // Труды ВИЗР. 1976. 48. С. 5–13.
- Шапиро И.Д. Иммуитет полевых культур к насекомым и клещам. Л.: ЗИН АН СССР. 1985. 321 с.
- Шапиро И.Д. Экологические основы защиты растений от вредителей при возделывании сельскохозяйственных культур по интенсивной технологии на примере зерновых и зернобобовых культур. Л.: Изд. Лен. СХИ. 1988. 73 с.
- Шапиро И.Д., Новожилов К.В. Проблемы защиты растений от вредителей в условиях интенсификации и специализации сельскохозяйственного производства // Чтения памяти Н.А. Холодковского. Л.: Наука. 1979. С. 3–50.
- Шапиро И.Д., Новожилов К.В., Вилкова Н.А. Иммуитет растений к вредителям и вопросы стратегии и тактики защиты растений // Сельскохозяйственная биология. 1976. Т. 11. 1. С. 135–145.
- Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. М.: Наука, 1980. 278 с.
- Шмальгаузен И.И. Факторы эволюции. 2-е изд. М.: Наука. 1968. 408 с.
- Элтон Ч.С. Экология нашествия животных и растений. М.: Изд. ин. лит. 1960. 230 с.
- Mack R.N., Simberloff D., Lonsdale W.M., Ewans H., Clout M., Bazzaz F.A. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control // Ecol. Appl. 2000. V. 10. P. 689–710.
- Pimentel D., Lach L., Zuniga R., Morrison D. Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States // Bioscience. 2000. V. 53. N 1. P. 53–66.
- Sukhoruchenko G.I., Dolzhenko V.I. Problems of resistance development in arthropod pests of agricultural crops in Russia // EPPO Bulletin. 2008. 38. 1. P. 119–126.
- Tabashnik B.E. Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis* // Annual Rev. Entomol. Palo Alto (Calif.). 1994. V. 39. P. 47–79.
- Vitousek P.M., D'Antonio C.M., Loope L.L., Rejmanek M., Westbrooks R. Introduced species: A significant component of human – caused global change. N. Z. // Ecology. 1997. V. 21. P. 1–16.

Translation of Russian References

- Alimov A.F. et al. Biological invasions in aquatic and terrestrial ecosystems. Fundamental Zoological researches. The theory and methods. Moscow: KMK. 2004. 436 P. (In Russian).
- Anikin V.V. Ecological-geographical distribution features of the Coleophoridae (Lepidoptera) in the fauna of Russia. Povolzhskii ekologicheskii zhurnal. 2002. N 3. P. 187–198. (In Russian).
- Arnoldi K.V. Forest-steppe of the sources and nature of penetration into the steppe of forest insects during steppe afforestation. Zoologicheskii zhurnal. 1953. Vol. 32. V. 2. P. 175–194. (In Russian).
- Asyakin B.P., Ivanova O.V. Managing the development of phytophages in the system of triotroph (for example, cabbage agrocenosis). Agro XXI. 1999. N 12. P. 16–17. (In Russian).
- Bei-Bienko G.Y. Some regularities of the changes of the invertebrate fauna during the development of virgin steppe. Entomologicheskoe obozrenie. 1961. V. 39. P. 5–33. (In Russian).
- Budyko, M.I. Evolution of the biosphere. Leningrad: Gidrometeoizdat. 1981. 487 p. (In Russian).
- Dragavtsev V.A. Molecular, ontogenetic, populational and phytocenotic levels of the ecological genetic organization of economically valuable traits in plants. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 2006. N 1. P. 115–123. (In Russian).
- Elton C.S. Ecology of invasions of animals and plants. Moscow: Publishing House of Intern. Lit. 1960. 230 p. (In Russian).
- Emel'yanov A.F. Evolution of terrestrial biota in the light of biogeography. In: Fundamental Zoological researches. Theory and methods. Moscow–Saint Petersburg. Partnership of scientific publications KMK. 2004. P. 216–242. (In Russian).
- Fedorov E.K. Ecological crisis and social progress. Leningrad: Gidrometeoizdat. 1977. 176 p. (In Russian).
- Fedorov V.D., Gilmanov T.G. Ecology. Moscow: Publishing House MSU. 1980. 464. (In Russian).
- Gilyarov M.S. Modern ideas of secondary biocenoses. In: V Meeting of VEO. Moscow-Leningrad: USSR Academy of Sciences. 1963. P. 14–15. (In Russian).

- Girsov E.V. Ecological consciousness as condition of optimization of interaction of society and nature. In: Philosophical problems of global ecology. Moscow: Nauka. 1983. P. 105–120. (In Russian).
- Golubkov S.M. Effect of alien species on the functioning of aquatic ecosystems. In: Biological invasions in aquatic and terrestrial ecosystems. Moscow–St. Petersburg: Partnership of scientific publications KMK. 2004. P. 243–253. (In Russian).
- Gorelov A.A. Ecology. Moscow: Akademiya. 2009. 400 p. (In Russian).
- Gorodkov K.B. Dynamics of insect habitats under anthropogenic influence. In: Problems of entomology in Russia. Collection of scientific papers REO. Saint Petersburg. 1998. Vol. 1. P. 93–94. (In Russian).
- Guseva O.G., Koval A.G., Vyazemskaya O.E. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in agricultural landscapes of North-West Russia and their complexes in different agrocenoses. Vestnik zashchity rastenii. 2015. N 4 (86). P. 20–26. (In Russian).
- Izhevskiy S.S. Penetration of alien herbivorous insects on the Russian territory. Zashchita i karantin rastenii. 2002. N 1. P. 28–29. (In Russian).
- Izhevskiy S.S., Akhadov A.K., Sinev S.Yu., Zhimerikin V.N. Tomato leaf-mining moth were found in Russia. Zashchita i karantin rastenii. 2011. N 3. P. 40–44. (In Russian).
- Kamshilov M.M. Biotic cycle. Moscow: Nauka. 1970. 160 p. (In Russian).
- Kamshilov M.M. Conversion of information in the course of evolution. Moscow. 1974. 64 p. (In Russian).
- Karpevich A.F. Selected works: in 2 volumes, vol. 2: Acclimatization of aquatic organisms and scientific bases of aquaculture. In: Pamyatniki istoricheskoi mysli. Moscow: VNIRO, 1998, 870 p. (In Russian).
- Karpun N.N., Ignatova E.A., Zhuravleva E.N. New species of pests of ornamental woody plants in the humid subtropics of the Krasnodar region. Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii. 2015. V. 211. P. 187–203. (In Russian).
- Kozhanchikov I.V. Biological peculiarities of the European species of the genus *Galerucella*, and conditions of formation of biological forms in *Galerucella rineola* F. In: Proceedings of the Zoological Institute, USSR Academy of Sciences. 1958. Vol. 24. P. 271–322. (In Russian)
- Kurkin K.A. Criteria, factors, types and resistance mechanisms of phytocenoses. Botanicheskii zhurnal. 1994. V. 79. N 1. P. 313. (In Russian).
- Lekavicius E. Evolution of ecosystems: major stages and possible mechanisms. Zhurnal obshchei biologii. 2002. V. 64. N 5. P. 371–388. (In Russian).
- Makhotkin A.G. Features of distribution and causes of the rise in the number of flies of the genus *Phorbia* (Diptera, Anthomyiidae) on winter wheat. Vestnik zashchity rastenii. 2000. N 3. P. 46–34. (In Russian).
- Mamkaev Y.V. Morphological principles of systematization of biodiversity. Obshchaya biologiya. 1996. V. 57. N 2. P. 40–51. (In Russian).
- Mayr E. Populations, species and evolution. Moscow: Mir. 1974. 460 p. (In Russian).
- Mysnik E.N., Luneva N.N., Sokolova T.D. Species diversity of vascular plants of different habitats on the territory of the Leningrad region. Vestnik zashchity rastenii. 2015. N 1(83). P. 54–57. (In Russian).
- Naumova N.I. The influence of winter conditions on Colorado beetle during its territorial expansion in the North-Western region of Russia. Vestnik zashchity rastenii. 2015. N 1(83). P. 45–48. (In Russian).
- Nikolaev I.I. Consequences of unintended anthropogenic resettlement of aquatic fauna and flora. In: Ecological forecasting. Moscow: Nauka. P. 76–93. (In Russian).
- Novozhilov K.V. Plant Protection – phytosanitary optimization of crop production. In: Problems of optimization of phytosanitary condition of crops. Phytosanitary Optimization of crop production. Trudy Vseros. s'ezda po zashchite rastenii. Saint Petersburg. 1997. P. 35–46. (In Russian).
- Novozhilov K.V. Strategy of pesticide use in agriculture in connection with environmental protection from contamination. In: Protection of nature and the use of chemical agents in agriculture and forestry. Saint Petersburg. ZIN AN SSSR. 1981. P. 39–44. (In Russian).
- Novozhilov K.V., Sukhoruchenko G.I. Agro-ecological principles the use of insecticides in agriculture of Russia. Agrokhimiya. 1995. N 1. P. 111–118. (In Russian).
- Novozhilov K.V., Vilkova N.A., Shapiro I.D., Frolov A.N. Problems of microevolution in connection with scientific and technological progress in agriculture. In: Variability of insect pests in the conditions of scientific-technical progress in agriculture. Leningrad: 1988. P. 13–23. (In Russian).
- Pavlyushin V.A. Problems of phytosanitary improvement of agroecosystems. Vestnik zashchity rastenii. 2011. N 2. P. 3–9. (In Russian). Zashchita i karantin rastenii. 2013. N 5. P. 62–92. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Vilkova N.A., Sukhoruchenko G.I., Fasulati S.R., Nefedova L.I. Phytosanitary consequences of anthropogenic transformation of the agroecosystem. Vestnik zashchity rastenii. 2008. N 3. P. 3–26. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Vilkova N.A., Sukhoruchenko G.I., Nefedova L.I. Sunn pest and other grain bugs. Saint Petersburg. 2015. 280 p. (In Russian).
- Polyakov I.Ya. Methods of management of agro-ecosystems in plant protection and principles of their development. Overview. Moscow. 1976. 64 p. (In Russian).
- Rafes P.M. Mass reproduction of harmful insects as a special case of the cycles of matter and energy in forest ecosystems. In: Collection of papers. Protection of forests against harmful insects. Moscow: Nauka. 1964. P. 3–57. (In Russian).
- Reimers N.F. System foundations of nature. In: Philosophical problems of global ecology. Leningrad: Nauka. 1983. P. 121–161. (In Russian).
- Schmalhausen I.I. Factors of evolution. 2nd ed. Moscow: Nauka. 1968. 408 p. (In Russian).
- Shapiro D.I., Novozhilov K.V. Problems of plant protection from pests in conditions of intensification and specialization of agricultural production. In: Chteniya pamyati N.A. Kholodkovskogo. Leningrad: Nauka. 1979. P. 3–50. (In Russian).
- Shapiro D.I., Novozhilov K.V., Vilkova N.A. Immunity of plants to pests and the strategy and tactics of plant protection. Sel'skokhozyaistvennaya biologiya. 1976. V. 11. N 1. P. 135–145. (In Russian).
- Shapiro I.D. Ecological basis of plant protection from pests in the cultivation of crops for intensive technologies on the example of grain and leguminous crops. Leningrad: Izd. Leningrad Agricultural Institute. 1988. 73 p. (In Russian).
- Shapiro I.D. Immunity of field crops to insects and mites. Leningrad: ZIN AN SSSR. 1985. 321 p. (In Russian).
- Shapiro I.D. Management issues of population of harmful arthropods in modern conditions of scientific and technological progress in agriculture. In: Proceedings of VIZR. 1976. V. 48. P. 5–13. (In Russian).
- Shvarts S.S. Ecological regularities of evolution. Moscow: Nauka, 1980, 278 p. (In Russian).
- Slepyan E.I. Chemical products in agriculture, forestry and fisheries and in green building and issue violations and recovery of ecological systems. In: Nature Protection and the use of chemical agents in agriculture and forestry. Saint Petersburg: USSR Academy of Sciences, ZIN. 1981. P. 5–34. (In Russian).
- Starobogatov Y.I. System approach and ecology. In: Collection of papers. System research (annual). Moscow: Nauka. 1970. P. 114–131. (In Russian).
- Stolyarov M.V. Current situation with locusts (Orthoptera, Acrididae) in the South of Russia. In: Achievements of entomology in the service of agroindustrial complex, forestry and medicine. Proc. XIII Congress of Russian entomological society. Krasnodar. 2007. P. 201–202. (In Russian).
- Storchevaya E.M. State of resistance of Codling rusty mite to insectoacaricides in the Krasnodar region and ways of its overcoming. In: II Vseros. Congress of plant protection. Phytosanitary health of ecosystems. Symposium on resistance. 2005. P. 58–60. (In Russian).
- Sukhoruchenko G.I. Ecotoxicological monitoring – the basis of sustainable use of pesticides. Zashchita i karantin rastenii. 2005. N 1. P. 18–21. (In Russian).
- Sukhoruchenko G.I., Vasilyeva T.I., Ivanova G.P., Ivanov S.G., Zverev A.A. Status of resistance in Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say to insecticides in different zones of potato in Russia. Vestnik zashchity rastenii. 2010. N 3. P. 30–38. (In Russian).
- Timofeev-Resovskii N.V., Vorontsov N.N., Yablokov A.V. A brief outline of the theory of evolution. Moscow: Nauka. 1977. 407 p. (In Russian).
- Ugolev A.M. Evolution of digestion and principles of evolution of functions: Elements of modern functionalism. Leningrad: Nauka. 1985. 544 p. (In Russian).
- Vasilyev A.G., Vasilyeva I.A. Epigenetic restructuring of populations as probabilistic mechanism of the onset of the biocenotic crisis. Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevsky. Series biology. Materials of VIII All-Russian seminar «Populations in space and time» (11–15 April 2005). 2005. N 1 P. 27–38. (In Russian).
- Velican V.S., Ivanova G.P. Current status of phytophagous complex in vegetable and flower crops ecosystems in greenhouses of the North-West. In: II All-Russian Congress on plant protection. Phytosanitary health of ecosystems. Symposium on resistance. 2005. P. 17–19. (In Russian).
- Viktorov G.A. Ecological community and issues on the number of insects. Obshchaya biologiya. 1960. V. 21, V. 6. P. 401–410. (In Russian).
- Vilkova N.A., Ivashchenko L.S. Plant immunity to pests and its role in bioregulation of agroecosystems. In: Trudy REO. V. 72. 2001. P. 74–75. (In Russian).
- Vilkova N.A., Shapiro I.D., Frolov A.N. The focus of microevolutionary processes in phytophagous and their connection with scientific-technical progress. In: Proceedings of VIZR. Questions of ecological physiology of

- insects and problems of plant protection. Leningrad: 1979. P. 18–24. (In Russian).
- Vilkova N.A., Sukhoruchenko G.I., Fasulati S.R. Anthropogenic factors of microevolution of phytophagous insects in anthropogenic ecosystems, including transgenic varieties of potatoes. In: Transgenic plants – a new direction in biological plant protection. Proceedings of international scientific-practical conference. Krasnodar. 2003. P. 170–179. (In Russian).
- Vilkova N.A., Sukhoruchenko G.I., Fasulati S.R. Strategy of protection of agricultural plants from adventive species of phytophagous insects, for example the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera, Chrysomelidae). Vestnik zashchity rastenii. Saint Petersburg, 2005, N 3. P. 3–15. (In Russian).
- Vilkova N.A., Sukhoruchenko G.I., Fasulati S.R., Ivashchenko L.S., Vasil'eva T.I., Ivanova G.P., Dorokhov D.B. Methods for impact assessment of transgenic potato varieties on the livelihoods and microevolutionary transformations of the Colorado potato beetle. In: Methods of monitoring and forecasting the development of harmful organisms. Moscow–Saint Petersburg. 2002. P. 52–62. (In Russian).
- Watt K. Ecology and management of natural resources. Moscow: Mir. 1971. 463 p. (In Russian).
- Zavadsky K.M., Kolchinsky E.I. Evolution of evolution. Leningrad: Nauka. 1977. 236 p. (In Russian).
- Zherikhin V.V. Selected works in paleoecology and proteogenomic. Moscow: Partnership of scientific publications KMK. 2003. 542 p. (In Russian).
- Zhimerikin V.N., Mironova M.K. South American tomato moth – a threat to tomato production. Zashchita i karantin rastenii. 2012. N 11. P. 32–34. (In Russian).
- Zhuchenko A.A. Ecological genetics of cultivated plants and problems of Agrosphere (theory and practice). Monograph. 2010. Moscow: Publishing House Agrorus. 2004. Vol. 1. 690 p. Vol. 2. 466 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 5–18

FUNCTIONING OF AGROBIOCENOSSES AND TYPES OF THEIR RESPONSE TO ANTHROPOGENIC IMPACTS

V.A. Pavlyushin, N.A. Vilkova, G.I. Sukhoruchenko, L.I. Nefedova

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

The data on anthropogenic impact on the community of biotrophs in anthropogenic ecosystems are summarized, including the impact on species composition, changes in the dominant phytophagous species ratio, their population dynamics. A group of superdominant consumers of the first order is allocated, having biological benefits based on ecological plasticity, intraspecific polymorphism, high abundance and harmfulness and expansion of areas. Examples of dominant and superdominant agricultural pest species are given, which have accelerated formation of ecological adaptations to changes in abiotic and biotic environmental factors. The responses of different types of anthropogenic ecosystems are described, related to specific immunological properties of crop varieties, to processes of adaptogenesis of plants and biotrophs. Based on principles of system analysis, the main types of responses of ecosystems to the intensity and duration of anthropogenic impacts are described that cause a wide range of intrapopulation polymorphism of biotrophs, i.e. morphogenetic adaptability in the form of microevolutionary processes. Based on the analysis of changes in the specific, intraspecific and intrapopulation biodiversity of consumers, the elements of agroecological monitoring of phytosanitary condition of anthropogenic ecosystems are developed, containing restraints of biotroph adaptogenesis to means of plant protection and other factors of modern technologies of plant growing.

Keywords: ecosystems; agrobiocenosis; anthropogenic factor; community biotroph; dominant; superdominant; polymorphism; adaptation; reactivity; agroecological monitoring; phytosanitary optimization.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
 Павлюшин Владимир Алексеевич. Директор института, академик РАН
 Вилкова Нина Александровна. Главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: na-vilkova@yandex.ru
 Сухорученко Галина Ивановна. Главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: suhoruchenkogalina@mail.ru
 *Нефедова Людмила Ивановна. Ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: Li-nefedova@yandex.ru

* Ответственный за переписку

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
 Pavlyushin Vladimir Alekseevich. Director of VIZR, Academician
 Vilkova Nina Aleksandrovna. Principal Researcher, DSc in Agriculture, Professor, e-mail: na-vilkova@yandex.ru
 Sukhoruchenko Galina Ivanovna. Principal Researcher, DSc in Agriculture, Professor, e-mail: suhoruchenkogalina@mail.ru
 *Nefedova Lyudmila Ivanovna. Leading Researcher, PhD in Agriculture, e-mail: Li-nefedova@yandex.ru

* Responsible for correspondence

УДК 633.18: 575.488.42

ИНТРОГРЕССИЯ ГЕНОВ РЕЗИСТЕНТНОСТИ К ПИРИКУЛЯРИОЗУ КАК ФАКТОР СТАБИЛИЗАЦИИ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ РИСА К ЗАБОЛЕВАНИЮ

Е.В. Дубина, В.Н. Шиловский, С.В. Гаркуша, М.Г. Рубан, Л.В. Есаулова

Всероссийский научно-исследовательский институт риса, г. Краснодар

В селекции риса (*Oryza sativa* L.) актуальная задача – создание сортов, устойчивых к пирикуляриозу, возбудителем которого является несовершенный гриб *Pyricularia oryzae* Cav. (половая форма *Magnaporthe grisea* (Herbert) Barr Yaegashi & Udagawa). Экономический ущерб, наносимый заболеванием, значителен во всех зонах мирового рисосеяния [Гаркуша, 2013]. В решении такого рода задач перспективным представляется применение ДНК-технологий. Цель работы – создать селекционный материал, а также высокопродуктивный сорт и линии риса с генами устойчивости к пирикуляриозу с использованием метода молекулярного маркирования. Проведено инкорпорирование генов устойчивости к пирикуляриозу *Pi-1*, *Pi-2*, *Pi-33*, *Pi-ta*, *Pi-b* в отечественный сорт риса Флагман. Идентификация донорных аллелей переносимых генов устойчивости в гибридных растениях осуществлялась с помощью микросателлитных, а также внутригенных молекулярных маркеров. В результате ряда возвратных скрещиваний нами получен селекционный материал с интродуцированными и пирамидированными генами устойчивости к пирикуляриозу, что подтверждается ПЦР-анализом. Линия риса КП-171-14 с геном *Pi-ta*, адаптированная к условиям выращивания на юге России, устойчивая к краснодарской популяции патогена *P. oryzae*, а также имеющая высокую урожайность и качество крупы подготовлена для передачи в Государственное сортоиспытание. Внедрение и возделывание таких сортов в производстве позволит сократить применение химических средств защиты, получать экологически чистую сельхозпродукцию и избежать загрязнения экосистем.

Ключевые слова: рис, пирикуляриоз, гены устойчивости, ПЦР, SSR-маркеры, селекция.

Селекция растений основана на классических методах – гибридизации и отбора. В настоящее время разработаны методы молекулярной генетики, которые позволяют идентифицировать генотипы, основанные на ДНК-маркировании [Cho et al., 2003; Jena et al., 2003]. Благодаря этому в мировой практике возникло такое направление, как ДНК-маркерная селекция (marker assisted selection), осуществляющая молекулярно-генетическое сопровождение селекционного процесса, начиная с подбора исходного материала, наличия желательных генов и заканчивая паспортизацией нового сорта.

Одним из современных методов ДНК-анализа является изучение микросателлитных локусов (SSR). SSR-маркеры весьма полиморфны, стабильны в соматических клетках, локуспецифичны, их наследование, как правило, имеет кодоминантный характер, что позволяет отличать гомозиготное состояние исследуемого локуса от гетерозиготного. Кроме того, они просты при использовании в реакции ПЦР. Высокий уровень полиморфизма, выявляемый SSR-маркерами, определяет ценность этой маркерной системы и позволяет говорить о возможности создания на её основе эффективной универсальной технологии, пригодной для контроля генов в селекции риса на устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды [Cho et al., 2003; Остерман, 1981].

Материалы и методы исследований

Донорами для введения генов устойчивости к пирикуляриозу в отечественный сорт риса Флагман (материнская форма) стали сорта и линии зарубежной селекции IR-36 (донор гена *Pi-ta*), BL-1 (донор гена *Pi-b*), C101LAC (донор генов *Pi-1+Pi-33*), C101A-51 (*Pi-2*), которые в условиях Краснодарского края проявили себя как позднеспелые, с вегетационным периодом 140–155 дней. В местной зоне рисосеяния предпочтительно возделывание сортов, созревающих не более, чем за 125 дней [Зеленский, 1993], поэтому материнская форма для гибридизации была высажена в три срока, с разницей в 10 дней, тем самым увеличивая вероятность совпадения периодов цветения родительских форм.

Пирикуляриоз считается одним из наиболее вредоносных заболеваний риса на всей территории возделывания данной культуры. В связи с этим создание устойчивых к *P. oryzae* сортов – важное направление селекции, наряду с повышением урожайности риса и качеством зерна.

Цель работы – создать селекционный материал, а также высокопродуктивный сорт и линии риса с генами устойчивости к пирикуляриозу с использованием метода молекулярного маркирования.

Работа методами классической селекции в данном направлении довольно затруднительна. Главная сложность – определение присутствия целевого гена устойчивости, что связано с перекрывающимися фенотипическими эффектами, а также трудностями в создании инфекционных фонов [Зеленский, 1993].

Идентификация донорных аллелей устойчивости молекулярными маркерами SSR, тесно сцепленных с генами резистентности к *P. oryzae*, облегчает селекционную работу [Jena et al., 2003].

По многолетним исследованиям фитопатологов, для юга России эффективны гены расоспецифической устойчивости к пирикуляриозу *Pi-z'*, *Pi-ta*², *Pi-b* и *Pi-ta* [Коломиец, 1990]. Гены *Pi-ta* и *Pi-b* сиквенированы. Гены *Pi-1*, *Pi-2*, *Pi-33* относят к генам широкого спектра устойчивости к *P. oryzae* [Ильницкая, 2007].

При гибридизации растений использовали пневмокастрацию материнских форм и опыление «ТВЕЛЛ» – известным методом [Лось, 1987]. Растения выращивали в камерах искусственного климата.

Для контролирования наличия, а также аллельного состояния целевых генов в гибридных растениях использовали ДНК-анализ на основе метода полимеразной цепной реакции (ПЦР). Экстракцию (выделение ДНК) осуществляли методом СТАВ [Murray et al., 1980]. Метод заключается в использовании цетилтриметиламмоний бромида (СТАВ) в качестве основного компонента буфера экстракции и преципитации.

Для идентификации генов Pi-1, Pi-2, Pi-33 использовали известные из литературных источников праймерные пары фланкирующих микросателлитных SSR-маркеров (сиквенс праймерных пар доступен на сайте gramene.com) [Jena at al., 2003]. Микросателлитные повторы, тесно сцепленные с генами Pi-1, Pi-2, Pi-33, были определены на генетическом материале донорных линий

и уже эффективно использовались в селекции [Jiang at al., 2002; Berruyer at al., 2003; Correa-Victoria at al., 2003]. Для идентификации генов Pi-ta, Pi-b использовались внутригенные маркеры, созданные в нашей лаборатории [Мухина и др., 2003; Мухина и др., 2011]. (табл. 1).

Таблица 1. Нуклеотидная последовательность праймеров для идентификации генов Pi-1, Pi-2, Pi-33, Pi-ta, Pi-b

Название локуса	Хромосома	Ген устойчивости	Донор устойчивости	Сиквенс		Размер ПЦР-продукта, п.н.	
				F	R		
Rm224	11	<i>Pi 1</i>	C104-lac C101-lac	atcgatcgatcttcacgagg	tgctataaaaggcattcggg	124–158	
SSR140	6	<i>Pi 2</i>	C101-lac –A51	aaggtgtgaacaagctagcaa	ttctaggggagggtgtagaa	118–148	
Rm527	6			C101-lac	ggctcgatcagaaaatccg	ttgcacaggttgcgatagag	233
Rm72	8	<i>Pi 33</i>	C101-lac	ccggcgataaaacaatgag	gcatcggtcctaactaagg	152–198	
Rm310	8			C101-lac	ccaaaacatttaaatatcatg	gcttgttggtcattaccattc	85–120
Pi-ta	12	<i>Pi-ta</i>	IR-36, IR-64	F1 gccgtggcttctatctttacatg	R1 atccaagtgttagggccaacattc	132	
				F2 ttgacactctcaaggactgggat	R2 tcaagtcaggttgaagatgcatcga		
				F1 gaacagcttgctcggaatcca	R2 tactgcattgtgcagcttgtg		302
				R3 atacatcgaccagctattggc			

ПЦР проводили с 40–50 нг ДНК, 0.1 μM dNTPs, 25mM KCL, 60 mM Tris-HCL (pH 8.5), 0.1% Тритон X-100, 6 10 mM 2-меркаптоэтанол, 1.5 mM MgCl₂, 1 единица Taq-полимеразы и 0.3 μM праймеров в конечном объёме 25 мкл.

Аmplификацию осуществляли в ДНК-амплификаторе «Терцик», оптимизировав при этом условия ПЦР: начальная денатурация – 5 минут при 94 °C – 1 цикл. Следующие 35 циклов: де-

натурация – 35 сек при 94 °C; отжиг праймеров 45 сек при 60 °C; синтез 30 сек при 72 °C. Синтез 5 мин при 72 °C – 1 цикл.

Для разделения ПЦР продуктов при электрофорезе использовали 8%-й полиакриламидный гель. Полиморфизм контрастных аллелей визуализировался после трёх часов электрофореза при напряжении 250V. После электрофореза гелевые пластины помещали на 20–30 минут в раствор бромистого этидия и фотографировали в ультрафиолетовом свете.

Результаты исследований

В 2007 году на основе использования технологии ДНК-маркерной селекции (marker assisted selection – MAS – селекция с применением ДНК маркеров к генам интереса) нами проведена гибридизация линий доноров генов устойчивости к пирикулярриозу, указанных в разделе «Материалы и методы», с отечественным сортом риса Флагман.

В результате гибридизации каждой комбинации получено F1 поколение, которое использовали в возвратных скрещиваниях с реципиентной родительской формой (сорт риса Флагман). Следует отметить, что растения F1 имели высокую степень стерильности (до 95%). После проведения первой серии беккроссов в 2008 году в камерах искусственного климата получено BC1 и BC2 поколение. В BC2-популяциях фертильность возросла и в среднем составляла около 50%.

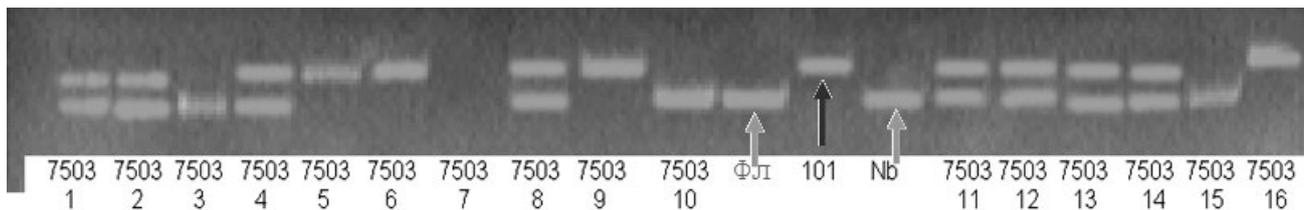
Начиная с первого возвратного скрещивания проводился маркерный контроль на присутствие переносимых донорных аллелей в гибридном потомстве. Отбирали растения, которые по результатам ДНК-анализа несли донорную аллель гена устойчивости к патогену, а также отмечали те растения, которые показали наименьший период вегетации до цветения. Растения, в генотипе которых аллели устойчивости не были обнаружены, выбраковывали.

В полученных BC2-популяциях работа проводилась по той же схеме. Отобранные по молекулярным данным растения, несущие донорные аллели, вовлекали в следующий беккросс, предварительно выбраковав формы с нежелательным морфотипом.

По каждой комбинации было проведено три беккросса, поскольку известно, что восстановление генома рекуррентного родителя (RP) при возвратных скрещиваниях в BC3 составляет 93.75% [Openshaw at al., 1994].

В 2009 году получено BC3 поколение, среди которого были отобраны формы с наименьшим вегетационным периодом и наибольшей фертильностью метёлки. Семена этих растений высадили для получения сегрегирующей BC3F2 популяции. Самоопыление растений риса, гетерозиготных по селективируемым генам, даёт возможность перевести приоритетную аллель в гомозиготное состояние. Маркерный анализ полученной популяции выявил образцы, несущие вводимые целевые гены в гомозиготном состоянии (рис. 1).

Из электрофореграммы видно, что образцы под №№ 7503-5, 7503-6, 7503-9 несут доминантную аллель гена устойчивости к пирикулярриозу *Pi-1* в гомозиготном состоянии, образец № 7503-3 и 7503-15 – аллель материнской формы (сорт Флагман); остальные образцы являются гетерозиготами по локусу RM224.

Рисунок 1. Результаты ПЦР на ген устойчивости к пирикулярриозу *Pi-1*.

Примечание: 7503-1.....7503-16 – гибридные растения BC1; C101- линия C101Лас- донор гена *Pi-1* (контроль «+»); Фл – сорт Флагман; Nb – сорт Nirron Vare (контроль «-»).

На современном этапе для селекции риса желательным является низкорослый тип растений, с высокой интенсивностью первоначального роста, устойчивый к полеганию, с продуктивной метёлкой и неосыпающимися в фазу полной спелости колосками [Коротенко., 2006]. Среди растений, которые по результатам ДНК-анализа, несли доминантные аллели ? генов *Pi-1*, *Pi-2*, *Pi-33*, *Pi-ta*, *Pi-b* в гомозиготном состоянии, удалось отобрать несколько форм, совмещающих в себе скороспелость, низкорослость, неосыпаемость и фертильность колосков. Семена этих растений были высеяны и в потомстве отобрали лучшие экземпляры, которые в 2011 году были переданы в селекционный процесс для оценки по хозяйственно-ценным признакам. Растения, не удовлетворяющие таким требованиям, выбраковывали.

Однако, длительная устойчивость к пирикулярриозу не может быть обеспечена присутствием одного гена, так как популяции гриба обладают способностью быстро мутировать и поражать формально устойчивые сорта с конкретными генами устойчивости [Conaway-Vormans at al. 2003].

Стабильную устойчивость проявляют сорта, в генотипе которых собрано несколько генов, определяющих непоражаемость разными расами гриба, а также сорта, несущие так называемые гены широкого спектра и QTL, придающие растениям устойчивость к значительному разнообразию рас патогена [Bonman at al., 1992; Witcombe at al., 2000].

Зарубежными коллегами проведен ряд успешных селекционных программ по созданию устойчивых к пирикулярриозу сортов риса методом пирамидирования генов с использованием маркерной селекции [Tabien at al., 2000; Hittalmani at al., 2000; Kumar. at al., 2000; Correa-Victoria at al., 2003].

Поэтому мы одновременно вели работу и по несколько другой схеме, где главной задачей было получить расте-

ния риса с объединенными генами *Pi-1*, *Pi-2*, *Pi-33*, *Pi-ta*, *Pi-b* в одном генотипе. Нами проведено скрещивание беккроссных растений BC3F2 между собой, несущих одиночные гены резистентности *Pi-ta*, *Pi-2*, *Pi-1+Pi-33*, *Pi-b*. Получено F1, а затем F2 поколение, которое проверили маркерным анализом на наличие целевых генов. Отобраны те растения, которые по результатам ДНК-анализа имели в генотипе донорные аллели выше указанных генов.

Для повышения экономической эффективности маркерной системы ранее нами разработан ряд мультипраймерных систем, позволяющих за одну реакцию идентифицировать в гибридных растениях с пирамидированными генами резистентности одновременно два гена, что значительно снижает время и затраты на ПЦР-анализ (рис. 2).

На рисунке 2 представлены результаты мультиплексной ПЦР на присутствие в одном генотипе одновременно двух генов устойчивости к пирикулярриозу *Pi-b+Pi-ta*.

Из электрофореграммы видно, что образцы под №№ 2642-39x556-10-1, 2642-39x556-10-3, №№ 2642-39x556-10-4, 2642-39x556-10-1 имеют специфичный ПЦР-продукт для гена *Pi-ta*; образцы под №№ 2645-143x124-11-1 и 2645-143x124-11-1 являются гетерозиготой по гену *Pi-b*; образец под №1 имеет доминантную аллель гена *Pi-ta* и является гетерозиготой по гену *Pi-b*.

Растения риса с генами устойчивости к пирикулярриозу передавались нами в селекционный процесс для изучения по комплексу хозяйственно-ценных признаков. В 2011–2013 гг. в селекционном питомнике после оценки и жёсткой браковки отобрано 23 линии для контрольного питомника, из которых в 2014 году выделилась по комплексу признаков устойчивая к пирикулярриозу, с хорошим качеством крупы и высокой урожайностью линия риса КП-171-14 с геном *Pi-ta*. Результаты оценки приведены в табл. 2.

Таблица 2. Характеристика линии риса КП-171-14 в контрольном питомнике

Название линии / сорта	Урожайность, т/га	Вегетационный период, дней	Высота растения, см	Кол-во колосков в метёлке, шт.	Масса зерна с метёлки, г	Масса 1000 зёрен, г	l/b зерна	Выход крупы, %	ИРБ, %
КП-171-14	7.14	118	77.8	110.5	2.96	30.1	2.5	70.6	15.6
Флагман (стандарт)	5.38	116	73.8	130.6	3.35	27.9	1.9	69.9	34.5

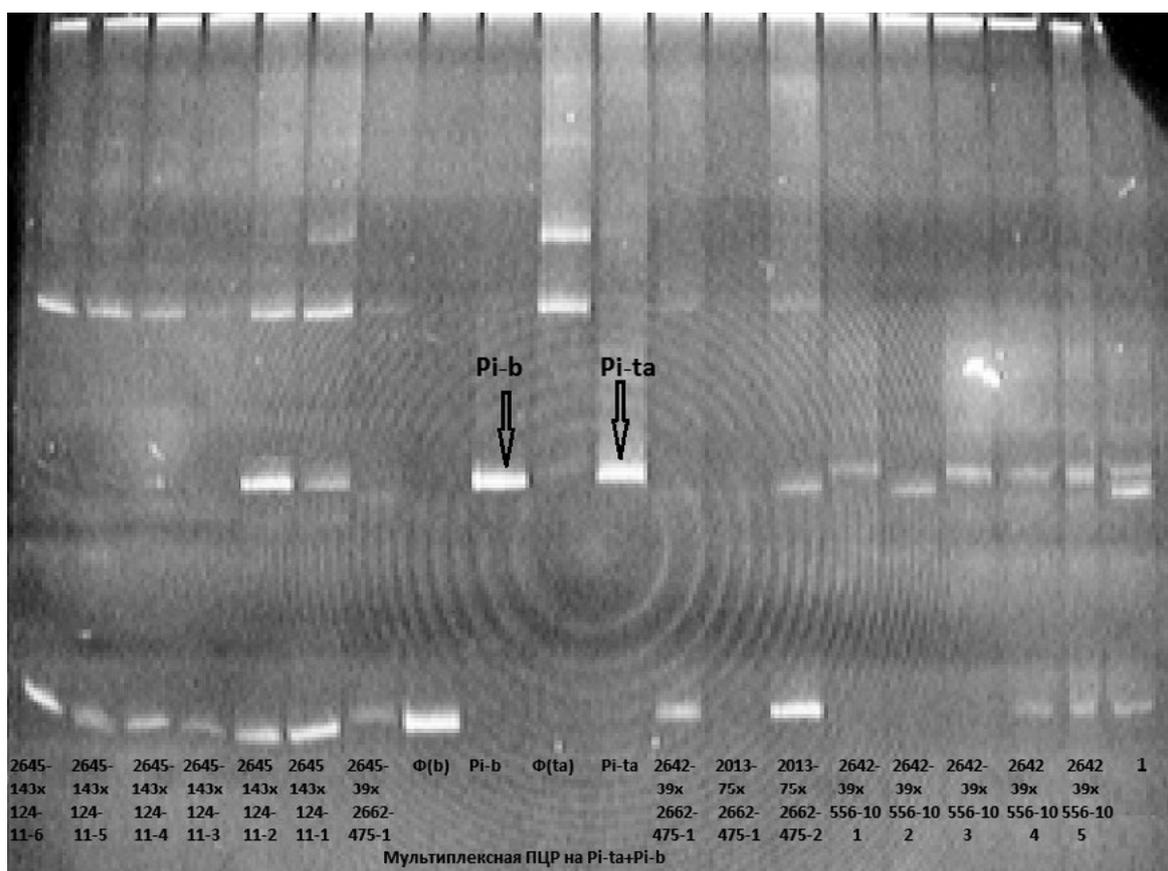
Примечание: l/b – отношение длины к ширине у зерновки; ИРБ-индекс развитие болезни.

В 2015 году эта линия изучалась в конкурсном сортоиспытании. Характеристика сортообразца риса КП-171-14 по результатам конкурсного испытания представлена в табл. 3.

Данные таблицы 3 показывают, что растения этой линии короткостебельные, 77–90 см, устойчивы к полеганию, а также к пирикулярриозу. Метёлка прямостоячая, компактная, длиной 14–15 см. Зерно удлинённое (l/b –

2.4), масса 1000 семян – 29–30 г. Выход крупы – 72 %. При пересчете на 1 га сформировала около 10 т зерна.

Изучение этой линии будет продолжено в конкурсном сортоиспытании с дальнейшей передачей её в государственное сортоиспытание. Кроме того, на разных этапах селекционного процесса будет продолжено изучение новых линий риса с генами устойчивости к пирикулярриозу *Pi-1*, *Pi-2*, *Pi-33*, *Pi-ta*, *Pi-b*.

Рисунок 2. Мультиплексная ПЦР на гены устойчивости к пирикулярриозу *Pi-b+Pi-ta*

Примечание: 2645-143X124-11-1.....2642-39x556-10, Флх Virgo – гибридные растения;
 Ф(b) – сорт риса Флагман, проверяемый на ген Pi-b; Ф (ta) – сорт риса Флагман, проверяемый на ген Pi-ta;
 Pi-b – линия риса В1-1 – донор гена Pi-b; Pi-ta – линия риса IR-36 – донор гена Pi-ta.

Таблица 3. Характеристика линии риса КП-171-14 в конкурсном сортоиспытании

Название линии / сорта	Урожайность, т/га	Вегетационный период, дней	Высота растения, см	Кол-во колосков в метёлке, шт.	Масса зерна с метёлки, г	Масса 1000 зёрен, г	l/b зерна	Выход крупы, %	ИРБ, %
КП-171-14	9.2	116	89.2	164.6	4.13	29.0	2.4	72.3	27.8
Флагман (стандарт)	7.1	116	91.0	147.0	3.61	26.7	1.9	71.6	36.7

Примечание: l/b- отношение длины к ширине у зерновки; ИРБ-индекс развитие болезни.

Параллельно в условиях полевого опыта на рисовой оросительной системе ВНИИ риса лабораторией защиты риса ежегодно проводится фитопатологический тест полученных линий с интрогрессированными и пирамидированными генами резистентности к *Pyricularia oryzae* Cav. *Pi-1*, *Pi-2*, *Pi-33*, *Pi-ta*, *Pi-b* на проверку их устойчивости к смеси изолятов возбудителя пирикулярриоза, выделенных с полей Краснодарского края.

Инокуляцию растений проводят культурой спор гриба в фазе кущения, а также в фазе выметывание-цветение из расчета 0.5 мл на одно растение при 10^5 конидий/мл.

В качестве контроля используют устойчивый сорт риса Авангард, неустойчивого контроля – Победа 65. Учёт степени поражения растений проводят на 14 день после инокуляции.

Оценку осуществляют, учитывая два показателя: тип реакции (в баллах), используя при этом 10-балльную шкалу Международного института риса [Коло-

миец, 1990]; интенсивность развития болезни ИРБ (в процентах) согласно экспресс-методу оценки сортовой устойчивости риса к пирикулярриозу:

- устойчивые (0–1 баллов) – отсутствие поражения, мелкие коричневые пятна, покрывающие менее 25% общей поверхности листьев;
- среднеустойчивые (2–5 баллов) – типичные пирикулярриозные пятна эллиптической формы, 1–2 см длиной, покрывающие 25.1–50% общей поверхности листьев;
- неустойчивые (6–10 баллов) – типичные пирикулярриозные пятна эллиптической формы, 1–2 см длиной, покрывающие 50.1% и более общей поверхности листьев.

В результате, при совместном сотрудничестве с селекционерами и фитопатологами с использованием метода молекулярного маркирования на основе отечественного сорта риса Флагман, нами созданы сорта и сортообразцы с генами устойчивости к пирикулярриозу *Pi-1*, *Pi-2*, *Pi-33*, *Pi-ta*, *Pi-b*, *Pi-z*, *Pi-40*.

Обсуждение и выводы

Проведено введение генов устойчивости *Pi-1*, *Pi-2*, *Pi-33*, *Pi-ta*, *Pi-b* к *P. oryzae* в генотип отечественного сорта риса Флагман методом возвратных скрещиваний с контролем донорных аллелей ДНК-маркерами. Среди гибридных растений отобраны формы с оптимальным вегетационным периодом и наибольшей фертильностью колосков метелки. Маркерный анализ, а также фитопатологический тест полученных популяций выявил устойчивые к патогену образцы риса, несущие целевые гены в гомозиготном состоянии. Линия риса КП-171-14 подготовлена для передачи на государственное сортоиспытание. Она устойчива к краснодарской популяции патогена *Pyricularia oryzae* Cav., адаптирована к условиям выращивания на юге России, имеет высокую урожайность и качество крупы.

Созданные с помощью маркерной селекции линии и сорта риса могут служить хорошими донорами устойчивости к заболеванию и выступать в качестве родительских форм.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ р-а №16-44-230178 «Изучение генетической структуры популяции возбудителя *Pyricularia oryzae* Cav. и научное обоснование иммуногенетической защиты культуры риса».

Библиографический список (References)

- Гаркуша С.В. Агротехнические особенности выращивания сортов риса, устойчивых к пирикулярриозу / С.В. Гаркуша, С.А. Шевель, Н.Н. Малышева, С.А. Тешева, Г.Л. Зеленский, Н.В. Остапенко, А.Г. Зеленский, А.Р. Третьяков // Методические рекомендации. Краснодар. 2013. С. 43.
- Зеленский Г.Л. Селекция сортов риса, устойчивых к пирикулярриозу, рисовой листовой нематоде и бактериальному ожогу в условиях Российской Федерации: автореф. ... докт. дис. Краснодар. 1993.
- Ильницкая Е.Т. Молекулярное маркирование в селекции риса на устойчивость к пирикулярриозу: дисс. ... канд. биол. наук. Краснодар, 2007.
- Коломиец Т.М. Отбор исходного материала риса для селекции на иммунитет к пирикулярриозу: автореф. ... канд. дисс. Голицыно. 1990.
- Лось Г.Д. Перспективный способ гибридизации риса / Г.Д. Лось // Сельскохозяйственная биология. 1987. N12. С.15–17.
- Мухина Ж.М. Создание внутригенных молекулярных маркеров риса для повышения эффективности селекционного и семеноводческого процессов / С.В. Токмаков, Ю.А. Мягких, Е.В. Дубина // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. 67 (03). (2011). HYPERLINK <http://ej.kubagro.ru/get.asp?id=1441&t=0>.
- Мухина Ж.М. Создание внутригенных ДНК-маркеров и их использование в практической селекции риса / Т.М. Коломиец, С.А. Волкова, Е.В. Дубина, И.И. Супрун, С.В. Токмаков, Ю.А. Мягких // Труды Кубанского государственного аграрного университета, 3(22). 2003. С. 63–67.
- Коротенко Т.Л. Оценка исходного материала для селекции сортов риса с высоким качеством зерна: автореф. канд. дисс. Краснодар. 2006.
- Остерман Л.А. Методы исследования нуклеиновых кислот / Л.А. Остерман // М.: Наука. 1981. С. 288.
- Berruyer B. Identification and fine mapping of Pi33, the rice resistance gene corresponding to the Magnaporthe grisea avirulence gene ACE1. / B. Berruyer, H. Adreit, J. Milazzo, S. Gaillard // Theor. Appl. Genet. 2003. N 107. P. 1139–1147.
- Bonman J. Breeding rice for resistance to pest / J. Bonman, G. Khush, R. Nelson // Annu. Rev. Phytopatol. 1992. N 30. P. 507–528.
- Cho Y.G. The semidwarf gene, sd-1, of rice (*Oryza sativa* L.) / Y.G. Cho, M.Y. Eun, M. Couch, Y.A. Chae // II. Molecular mapping and marker-assisted selection. Theor. Appl. Genet. 1994. N 89. P. 54–59.
- Correa-Victoria F.J. Gene combinations in rice for the development of durable resistance to *Pyricularia grisea* in Colombia / F.J. Correa-Victoria, D. Tharreau, C. Martinez, M. Vales // Proc. 3rd Int. Temperate Rice Conference. Punta del Este. 2003.
- Conaway-Bormans C.A. Molecular markers linked to the blast resistance gene *Pi-z*, in rice for use in marker-assisted selection / C.A. Conaway-Bormans, M.A. Marchetti, C.W. Johnson, A.M. McClung, W.D. Park // Theor. Appl. Genet. 2003. N 107. P. 1014–1020.
- Jena K.K. Marker assisted selection – a new paradigm in plant breeding / K.K. Jena, H.P. Moon, D.J. Mackill // Korean J. Breed. 2003. N 35. P. 133–140.
- Jiang J. Identification of a 118-kb DNA fragment containing the locus of blast resistance gene *Pi-2(t)* in rice / J. Jiang and S. Wang // Mol. Genet. Genomics. 2002. N 268. P. 249–252.
- Girish Kumar K. Marker assisted backcross gene introgression of major genes for blast resistance in rice / K. Girish Kumar, S. Hittalmani, K. Srinivasachary // Advances in Rice Blast Research. 2000. P. 43–53.
- Hittalmani S. Fine mapping and DNA marker-assisted pyramiding of the three major genes for blast resistance in rice / S. Hittalmani, A. Parco, T.V. Mew, R.S. Zeigler, N. Huang // Theor. Appl. Genet. 2000. N 100. P. 112–1128.
- Kumar, S. Hittalmani, K. Srinivasachary // Advances in Rice Blast Research. 2000. P. 4–353.
- Murray M.G. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA / M.G. Murray, W.F. // Thompson Nucleic Acids Research. 1980. N 10. P. 4321–4325.
- Openshaw S.J. Marker assisted selection in backcross breeding / S.J. Openshaw, S.J. Jarboe, W.D. Bears // In: Analysis of molecular marker data. Joint plant Breed. Symp. Ser., Corvallis, Oregon, USA. 1994. P. 41–43.
- Tabien R.E., Li Z. Mapping of four major blast resistance genes from “Lemont” and “Teqing” and evaluation of their combination effect for field resistance / R.E. Tabien, Z. Li, A.H. Paterson, M.A. Marchetti, J.W. Stansel, S.R.M. Pinson // Theor. Appl. Genet., 101. 2000. P. 1215–1225.
- Witcombe J.R. Resistance gene deployment strategies in cereal hybrids using marker-assisted selection: gene pyramiding, three-way hybrids, and synthetic parent populations / J.R. Witcombe, C.T. Hash // Euphytica. 2000. N 112. P. 175–186.
- Garkusha S.V., Shevel S.A., Malyshev N.N., Tesheva S.A., Zelenskii G.L., Ostapenko N.V., Zelensky A.G., Tretyakov A.R. Agronomic features of cultivation of rice varieties resistant to blast. Metodicheskie rekomendacii. Krasnodar. 2013. P. 43. (In Russian).
- Il'nitskaya E.T. Molecular marking in rice breeding for resistance to blast. Diss. ...kand. biol. nauk. Krasnodar, 2007. 23 p. (In Russian).
- Kolomiets T.M. The selection of the starting material for rice breeding for immunity to blast. Avtoref. ... kand. diss. Golitsyno. 1990. 21 p. (In Russian).
- Korotenko T.L. Evaluation of initial material for breeding rice varieties with high quality grain. Avtoref. kand. diss. Krasnodar. 2006. 25 p. (In Russian).
- Los G.D. A promising method of rice hybridization. Agricultural Biology. 1987. N 12. P. 15–17. (In Russian).

- Mukhina Zh.M., Kolomiets T.M., Volkov S.A., Dubina E.V., Suprun I.I., Tokmakov S.V., Myagkikh Y.A. Creating intragenic DNA markers and their use in practical breeding of rice. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2003. V. 3(22). P. 63–67. (In Russian).
- Mukhina Zh.M., Tokmakov S.V., Myagkikh Y.A., Dubina E.V. Creating intragenic rice molecular markers to improve the efficiency of breeding and seed production process. Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal KubGAU. 2011. V. 67 (03). P. 1–10. (In Russian).
- Osterman L.A. Methods of study of nucleic acids. Moscow: Nauka. 1981. 288 p. (In Russian).
- Zelenskii G.L. Selection of rice varieties resistant to blast, rice foliar nematodes and blight conditions in the Russian Federation. Avtoref. ... dokt. dis. Krasnodar. 1993. 48 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 19–24

INTROGRESSION OF BLAST RESISTANCE GENES AS A FACTOR OF RESISTANCE STABILIZATION OF RICE PLANTS TO DISEASE

E.V. Dubina, V.N. Shilovskii, S.V. Garkusha, M.G. Ruban, L.V. Esaulova

All-Russian Rice Research Institute, Krasnodar, Russia

An urgent task in the selection of rice (*Oryza sativa* L.) is to create varieties resistant to blast disease, which is the causative agent of the imperfect fungus *Pyricularia oryzae* Cav. (*Magnaporthe grisea* (Herbert) Barr Yaegashi & Udagawa). The economic losses caused by the disease are high in all regions of the world rice cultivation. Application of a DNA technology is promising for solving the problem. The most common approach is based on the use of molecular markers. Their use holds a great promise for the detailed mapping of chromosomes, identification of genes responsible for economically valuable traits of the culture. The purpose of this work is the creation of highly productive varieties and rice lines with gene resistance to blast using a method of molecular marking to expedite this process, i.e. an incorporation of resistance genes Pi-1, Pi-2, Pi-33, Pi-ta, Pi-b in the domestic rice cultivar Flagman. Identification of donor-borne resistance alleles of genes in the hybrid plants is carried out using microsatellite and intragenic molecular markers. As a result of a number of backcrossing breedings, the material is received with introduced and united genes resistant to blast, which is confirmed by PCR-analysis. The line CP-171–14 of the rice gene Pi-ta adapted to the conditions of cultivation in the south of Russia, resistant to the Krasnodar population of pathogen *Pyricularia oryzae* Cav., and having high yield and grain quality is prepared for transfer to the state variety trials. The introduction and cultivation of such varieties in rice growing will reduce the use of chemical means of protection, allow receiving ecologically clean agricultural products and avoid contamination of grain ecosystems.

Keywords: rice; resistance gene; PCR; micro-satellite marker; breeding.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ риса, 350921, г. Краснодар, пос. Белозёрный, 3, Российская Федерация

*Дубина Елена Викторовна. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: lenakrug1@rambler.ru

Шиловский Валентин Николаевич. Главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: argri_kub@mail.ru

Гаркуша Сергей Валентинович. Профессор, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: argri_kub@mail.ru

Рубан Маргарита Георгиевна, Научный сотрудник, e-mail: argri_kub@mail.ru

Есаулова Любовь Владимировна. Ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: l.esaulova@mail.ru

Information about the authors

All-Russian Rice Research Institute, Krasnodar, Belozernyi 3, Russian Federation

Dubina E.V. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: lenakrug1@rambler.ru

Shilovskii V.N. Principal Researcher, DSc in Agriculture, e-mail: lenakrug1@rambler.ru

Garkusha S.V. Professor, DSc in Agriculture, e-mail: lenakrug1@rambler.ru

Ruban M.G. Researcher, e-mail: lenakrug1@rambler.ru

Esaulova L.V. Leading Researcher, PhD in Biology, e-mail: l.esaulova@mail.ru

* Ответственный за переписку

* Responsible for correspondence

УДК 578.85/.86+635.21

ШИРОКО РАСПРОСТРАНЕННЫЕ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫЕ ДЛЯ РОССИЙСКОГО АГРОПРОИЗВОДСТВА ВОЗБУДИТЕЛИ ВИРУСНЫХ БОЛЕЗНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Е.В. Рогозина¹, Н.В. Мироненко², О.С. Афанасенко², Ю. Мацухито³

¹ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И.Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург;

² Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург;

³ NARO Agricultural Research Center, Tsukuba, Ibaraki, Japan

Картофель относится к культурам, сильно поражаемым вирусными болезнями. Из известных 400 фитовирусов [Adams, Antoniow, 2006] картофель поражают 52, в том числе 36 – широко распространенные, а остальные встречаются только на территории стран Южной Америки [Jones, 2014]. Количество известных вирусов картофеля заметно возросло по сравнению с прошлым столетием, когда около 25 [Hooker, 1982], а затем 37 [Jeffries, 1998] вирусов относили к

возбудителям заболеваний картофеля. Наиболее изучены 35 вирусов, поражающих картофель в естественных условиях. По классификации Международного Комитета по Таксономии Вирусов (International Committee on Taxonomy of Viruses, ICTV), это представители 13 семейств в составе трех из шести основных групп, организованных в соответствии со строением генома и типом нуклеиновой кислоты вируса: с однонитевой РНК, плюс или минус полярности, или кольцевой ДНК. В XXI веке количество и распространение возбудителей вирусных болезней картофеля существенно увеличились за счет расширения круга хозяев у вирусов, ранее идентифицированных как возбудители болезней овощных, древесных и декоративных культур (род *Tospovirus*, *Begomovirus*), и обнаружения новых вирусов или их более опасных штаммов (род *Carlavirus*, *Potyvirus*). Изменение климата, расширение площадей возделывания картофеля, активное расселение переносчиков вирусов, в особенности «супер-векторов» – *B. tabaci* и *F. occidentalis*, являются основными причинами увеличения числа вирусов, поражающих картофель, и изменений в географии их распространения. Активизация торговых взаимоотношений и поставки зарубежной сельскохозяйственной продукции приводят к появлению в защищенном грунте северных стран (Россия, Финляндия) вирусов, типичных для тропической и субтропической зоны. Понимание глобальной ситуации, мониторинг распространения переносчиков вирусных болезней и фитосанитарный контроль необходимы для оптимизации всех звеньев интегрированной защиты, что позволит обеспечить в России устойчивое производство качественного урожая картофеля.

Ключевые слова: картофель, вирусы, распространение, вредоносность.

Картофель относится к числу культур, сильно поражаемых вирусными болезнями, что было замечено сразу после его интродукции в Европу в 16 веке [Лебенштейн и др., 2000]. В настоящее время описано около 400 фитопатогенных вирусов [Adams, Antoniw, 2006], из которых 52 поражают картофель, в том числе 36 встречаются в разных регионах, а 16 – только на территории Южной Америки [Jones, 2014]. Количество известных вирусов картофеля заметно возросло по сравнению с прошлым столетием, когда около 25 [Hooker, 1982], а затем 37 [Jeffries, 1998] вирусов относили к возбудителям заболеваний картофеля.

Наиболее хорошо изучены 35 вирусов, инфицирующих картофель в естественных условиях (таблица). В большинстве регионов мира, производящих картофель, встречаются 16 вирусов, из них в Российской Федерации наиболее вредоносны пять: вирус скручивания листьев

картофеля, ВСЛК (potato leaf roll virus, PLRV); Y вирус картофеля, YBK (Potato virus Y, PVY); X вирус картофеля, ХБК (Potato virus X, PVX); S вирус картофеля, SBK (Potato virus S, PVS); M вирус картофеля, MBK (Potato virus M, PVM). Еще пять вирусов имеют меньшее значение по широте распространения в России и степени вредоносности: A вирус картофеля, АВК (Potato virus A, PVA); вирус аукуба мозаики картофеля, ВАМК (Potato aucuba mosaic virus, PAMV); вирус метельчатости верхушки картофеля, ВМБК (Potato mop top virus, PMTV); вирус погремковости табака, «раттл вирус», ВПТ (Tobacco rattle virus, TRV); вирус черной кольцевой пятнистости томатов, ВЧКПТ (Tomato black ring virus, TBRV). Остальные 19 вирусов отмечены на территории разных континентов, из них 10 вирусов включены в перечень карантинных объектов Российской Федерации (таблица).

Классификация и группы вирусов, поражающих картофель

На сайте Международного Комитета по Таксономии Вирусов – International Committee on Taxonomy of Viruses, ICTV (<http://www.ictvonline.org/virustaxonomy.asp>) представлена классификация более 3100 видов вирусов, поражающих прокариоты, грибы, водоросли, растения, беспозвоночных и позвоночных животных. В биологической систематике вирусы выделяют в отдельный таксон, образующий в классификации Systema Naturae 2000 вместе с доменами *Bacteria*, *Archaea* и *Eukaryota* корневой таксон *Biota* [Brands, <http://taxonomicon.taxonomy.nl/TaxonTree.aspx>]. Главной задачей классификации является описание разнообразия и группировка вирусов на основании общих свойств. В соответствии со строением генома и типом нуклеиновой кислоты выделяют шесть основных групп ви-

русов. Большинство поражающих картофель вирусов имеют геном, представленный однонитевой (ss) РНК, плюс полярности, это семейства: *Secoviridae*, *Alphaflexiviridae*, *Betaflexiviridae*, *Tymoviridae*, *Bromoviridae*, *Closteroviridae*, *Potyviridae*, *Luteoviridae*, *Tombusviridae*, *Virgaviridae*. К группе вирусов, имеющих геном – однонитевую РНК, минус полярности, относятся семейства *Rhabdoviridae* и *Bunyaviridae*. Вирусы из семейства *Geminiviridae* имеют геном – кольцевую ДНК (ssDNA).

Для выяснения генетического родства вирусов на уровне семейства и низших таксонов учитывают комбинацию признаков: морфологию вирионов, особенности генома, инфицируемый организм и способ трансмиссии, серологические свойства.

Основные характеристики вирусов, поражающих картофель

Вирусы семейства *Rhabdoviridae* вызывают инфекционные заболевания у позвоночных, беспозвоночных и растений. Вирионы фитовирусов (род *Nucleorhabdovirus*) имеют дополнительную белковую оболочку и бациллоподобную форму. В США и Канаде сорта картофеля различаются по степени восприимчивости в полевых условиях к рабдовирусу желтой карликовости картофеля – типовому представителю рода. Родственный вирус крапчатой карликовости баклажана имеет широкий круг хозяев: полевые овощные культуры, в том числе из семейства *Solanaceae* (баклажан, томат, картофель, перец, табак), а также деко-

ративные и сорные растения. Поражение картофеля ВККБ впервые отмечено в Иране в 1989 г., затем в Словении (2006 г.) и в разных областях Италии (2013 г.). На клубнях инфицированного сорта Vivaldi обнаружено некротическое поражение в области сосудистого кольца и прилегающих участков [Miglino et al., 2013].

В составе обширного семейства фитовирусов *Secoviridae*, подсемейство *Comovirinae* объединяет три рода и 56 видов. Все вирусы имеют изосферическую форму. Андийский комовирус крапчатости картофеля и неповирусы черной кольцевой пятнистости картофеля и

Таблица. Вирусы, заражающие картофель в естественных условиях
(http://www.ictvonline.org/virustaxonomy.asp; http://www.dpvweb.net/)

Название вируса (сокращенное обозначение)	Систематика		Год описания	Географическое распространение	Векторы
	Семейство	Род			
Рабдовирус желтой карликовости картофеля (ВЖКК) Potato yellow dwarf nucleorhabdovirus (PYDV) ¹	Rhabdoviridae	Nucleorhabdovirus	1922	Канада, США	клеверные цикадки (<i>Aceratagallia sanguinolenta</i>)
Вирус крапчатой карликовости баклажана (ВККБ) Eggplant mottled dwarf virus (EMDV)	“	“	1969	Европа, северная Африка, Азия	цикадки (подсемейства <i>Agalliinae</i>)
Андийский комовирус крапчатости картофеля (АКБК) Andean potato mottle virus (APMoV) ¹	Secoviridae (Comovirinae)	Comovirus	1975	Северная и Южная Америка	контактным путем
Неповирус черной кольцевой пятнистости картофеля (ВЧКПК) Potato black ringspot nepovirus (PBRSV) ¹	“	Nepovirus	1977	“	нематоды (<i>Longidorus</i> sp.)
Вирус черной кольцевой пятнистости томата (ВЧКПТ) Tomato black ring virus (TBRV) ¹	“	“	1946	Европа	нематоды (<i>Longidorus</i> sp.), семенами и пыльцой
U-вирус картофеля (UBK) Potato virus U (PVU)	“	“	1983	Перу	“
Вирус аукуба мозаики картофеля (FBK) Potato aucuba mosaic virus (PAMV)	Alphaflexiviridae	Potexvirus	1921	Повсеместно	контактно и тлями (<i>Myzus persicae</i>)
X-вирус картофеля (ХБК) Potato virus X (PVX)	“	“	1931	”	контактно, возможно семенами
M-вирус картофеля (МБК) Potato virus M (PVM)	Betaflexiviridae	Carlavirus	1923	“	тлями (<i>M. persicae</i> , <i>Aphis frangulae</i> , <i>A. nasturtii</i>) и контактно
S-вирус картофеля (SBK) Potato virus S (PVS)	“	“	1952	“	контактно и тлями (<i>M. persicae</i>)
Potato virus H (PVH)	“	“	2013	Китай	предположительно контактно
Латентный вирус картофеля (ЛБК) Potato latent virus (PotLV)	“	“	2002	Сев. Америка	контактно и тлями
P-вирус картофеля (РБК) Potato virus P (PVP) синоним Вирус резкой карликовости картофеля (РПКК) Potato rough dwarf virus (PRDV)	“	“	1993–1996	Бразилия, Аргентина	неизвестны
Теповирус Т картофеля (ТБК) Potato virus T (PVT) ¹	“	Терovirus	1977	Сев. и Юж. Америка	пыльцой и ботаническими семенами
Андийский латентный тимовирус картофеля (АЛБК) Andean potato latent virus (APLV) ¹	Tymoviridae	Tymovirus	1966	“	блошки волосатые (<i>Epitrix</i> sp.), контактно, семенами.
Вирус мозаики люцерны (ВМЛ) Alfalfa mosaic virus (AMV)	Bromoviridae	Alfamovirus	1931	Повсеместно	<i>M. persicae</i> и еще 14 видов тли
Альфомовирус пожелтения картофеля (ВЖК) Potato yellowing alfamovirus (PYV) ¹	“	“	1992	Южная Америка	<i>M. persicae</i> , семенами.
Вирус огуречной мозаики (ВОМ) Cucumber mosaic virus (CMV)	“	Cucumovirus	1934	Повсеместно	<i>M. persicae</i> , <i>Aphis gossypii</i> и еще 80 видов тли
Вирус стрика табака (ВСТ) Tobacco streak ilarvirus (TSV)	“	Ilarvirus	1936	”	через пыльцу западный цветочный трипс (<i>Frankliniella occidentalis</i>) и табачный трипс (<i>Thrips tabaci</i>)
Вирус бронзовости томата (ВПБТ) Tomato spotted wilt virus (TSWV) ¹	Bunyaviridae	Tospovirus	1919	“	<i>T. tabaci</i> , <i>T. setosus</i> , <i>T. parvi</i> , <i>F. schultzei</i> , <i>F. occidentalis</i> и др.
Вирус некротической пятнистости бальзамина <i>Impatiens</i> necrotic spot virus (INSV) ¹	“	“	1990	“	неизвестны
Кринивирус пожелтения жилок картофеля Potato yellow vein crinivirus (PYVV) ¹	Closteroviridae	Crinivirus	1943	Юж. Америка	тепличная белокрылка (<i>Trialeurodes vaporariorum</i>)
Вирус курчавости верхушки свеклы (ВКВС) Beet curly top virus (BCTV)	Geminiviridae	Curtovirus	1909	Европа, Сев. и Юж. Америка, Азия	цикадки (<i>Circulifer tenellus</i> , <i>C. tenellus</i> , <i>C. opacipennis</i>)
Вирус свертывания верхушечных листьев томата Tomato leaf curl New Delhi virus (ToLCNDV)	“	Begomovirus	1983	Африка, Азия	белокрылка (<i>Bemisia tabaci</i>)

Вирус деформирующей мозаики картофеля (ВДМК) Potato deforming mosaic virus (PDMV) = Tomato yellow vein streak virus (ToYVSV)	“	“	1985	Юж. Америка	“
Вирус желтой мозаики картофеля (ВЖМК) Potato yellow mosaic virus (PYMV) = Tomato yellow mosaic virus (ToYMV)	“	“	1986	Юж. и Цен. Америка	“
Вирус скручивания листьев картофеля (БСЛК) Potato leafroll virus (PLRV)	Luteoviridae	Polerovirus	1916	Повсеместно	<i>M. persicae</i>
А вирус картофеля (АВК) Potato virus A (PVA)	Potyviridae	Potyvirus	1932	“	<i>A. frangulae</i> , <i>A. nasturtii</i> , <i>M. persicae</i> , <i>M. persicae</i> , <i>Brachycaudus helichrysi</i> , <i>Macrosiphum euphorbiae</i> , <i>Rhopalosiphoninus latsysiphon</i>
V-вирус картофеля (VBK) Potato virus V (PVV)	“	“	1971	Европа, Юж. Америка	<i>M. persicae</i> <i>A. nasturtii</i> , <i>M. euphorbiae</i>
Y-вирус картофеля (YBK) Potato virus Y (PVY)	“	“	1931	Повсеместно	<i>M. persicae</i> <i>A. nasturtii</i> , <i>M. euphorbiae</i>
Вирус некроза табака (ВНТ) Tobacco necrosis virus A (TNV)	Tombusviridae	Necrovirus	1935	”	гриб <i>Olpidium brassicae</i>
Вирус метельчатости верхушки картофеля (БМБК) Potato mop-top virus (PMTV)	Virgaviridae	Pomovirus	1966	Европа, Сев. и Юж. Америка, Азия	гриб <i>Spongospora subterranea</i>
Вирус мозаики томата (ВМТо) Tomato mosaic virus (ToMV)	“	Tobamovirus	1909	Повсеместно	контактно
Вирус табачной мозаики (ВТМ) Tobacco mosaic virus (TMV)	“	“	1886	“	“
Вирус погрелковости табака (ВПТ) Tobacco rattle virus (TRV)	“	Tobravirus	1931	“	нематоды (<i>Paratrichodorus</i> spp., <i>Trichodorus</i> spp.).

¹ выделены вирусы, включенные в список карантинных объектов, отсутствующих или ограниченно распространенных на территории Российской Федерации.

черной кольцевой пятнистости томата входят в перечень карантинных объектов РФ. TBRV имеет три типа вирионов – частицы Т, М, В, разного размера. У TBRV идентифицированы разные штаммы в соответствии с видами растений-хозяев, в том числе штаммы «псевдо-аукубы» и «букетной болезни» картофеля, которые относятся к разным серологическим группам. Вирус на картофеле выявляется редко [Jones, 2014], отмечены единичные случаи в Германии, Великобритании и Польше [Jeffries, 1998]. Еще один представитель рода – U-вирус картофеля обнаружен на картофеле в Перу [Jones et al., 1983]. Родственный ему *Cherry leaf roll virus* (CLRV) найден в растениях дикого картофеля *Solanum acaule*, выращенных из семян, импортированных из Перу в США [Crosslin et al., 2010].

Семейство *Alphaflexiviridae* объединяет вирусы, имеющие нитевидную форму и паразитирующие на грибах и растениях. Род *Potexvirus* объединяет 37 видов, среди которых вирус аукуба мозаики картофеля (PAMV) и ХБК. В структуре покровного белка PAMV и *Potyvirus* найден общий DAG мотив, который обеспечивает векторный перенос PAMV с помощью тли (*Myzus persicae*) при смешанной инфекции с PVA или PVY [Baulcombe et al., 1993]. Вирус аукуба мозаики ранее встречался повсеместно на определенных сортах картофеля (например, Majestic), но в последние годы (после сортообмена) в европейских странах обнаруживается редко, является экономически значимым для картофелеводства Индии, вызывая снижение урожая на 20–40% [Kumar et al., 2014]. Симптомы поражения зависят от штамма вируса и сорта картофеля, проявляются в виде ярко-желтых пятен на нижних листьях, либо некротических пятен с последующим системным некрозом. Во время хранения на клубнях могут появляться некрозы: на

поверхности или в мякоти в виде неправильной формы коричневых пятен или углубленных сухих участков.

ХБК распространен повсеместно, вызывает мозаичное поражение листьев или поражает картофель в латентной форме. Смешанная инфекция с другими вирусами может приводить к серьезным заболеваниям растений. Симптомы поражения ХБК отчетливо проявляются в диапазоне температур от 10–12° до 28°С. Штаммы ХБК различают по симптомам на одном из диагностических хозяев – *Nicotiana tabacum*, по реакции с моно- и поликлональными антителами или способности поражать сорта с разными генами устойчивости. Две основные серологические группы штаммов: PVX^A и PVX^O определяют методами ELISA с помощью моноклональных антител или гибридизации нуклеиновых кислот. Изоляты группы PVX^O распространены повсеместно, а относящиеся к PVX^A типу встречаются только в Южной Америке. К этой группе относится штамм HB, способный поражать сорта с R-генами [Querci et al., 1995]. Однако в Аргентине найден штамм PVX MS, также способный преодолевать защитный эффект R-генов, но относящийся к серологической группе PVX^O [Tozzini et al., 1994].

В семействе *Betaflexiviridae*, объединяющем также вирусы с нитевидной формой частиц, один из наиболее представительных родов – *Carlavirus* включает 52 вида. В составе рода пять видов, поражающих картофель: MBK, SBK, PVH, LBK и RBK, синоним которого – вирус резкой карликовости картофеля.

MBK повсеместно встречается в посадках картофеля. Симптоматика поражения зависит от сортовых особенностей и изолята, варьирует от слабой мозаики до сильного закручивания верхних листьев и остановки роста

растений. В соответствии с нуклеотидной последовательностью гена, кодирующего белок оболочки вируса, 11 изолятов вируса распределяются на две группы, одна из которых включает PVM изоляты из Италии, Германии, Китая, Польши и России, а вторая – изоляты из США и Канады [Xu et al., 2010].

SBK также встречается во всех регионах, где выращивают картофель. Имеет узкий круг хозяев – в основном представителей двух семейств: *Solanaceae* и *Chenopodiaceae*. У большинства инфицированных сортов картофеля симптомы вирусного поражения не проявляются. Андийский штамм PVS^A, в отличие от широко распространенного PVS^o, вызывает более серьезное поражение, приводящее к преждевременному отмиранию листьев, и эффективнее переносится тлями. Новый изолят SBK, поражающий культурный картофель вида *S. phureja*, недавно обнаружен в Колумбии [Gutiérrez et al., 2013]. Полагают, что изоляты SBK образуются в результате рекомбинации между PVS^A и PVS^o [de Sousa et al., 2012].

Новый вирус – представитель рода *Carlavirus*, названный *Potato virus H*, обнаружен в 2012 году на картофеле в автономном районе Внутренней Монголии КНР [Li et al., 2013]. Вирус вызывает системное поражение у растений *Nicotiana glutinosa*, *Solanum lycopersicum* и не поражает растения рода *Chenopodium*. На инфицированном картофеле сорта Shepody отмечено легкое закручивание листьев. Электронная микроскопия подтвердила типичную для рода *Carlavirus* нитевидную, слегка изогнутую форму вирионов, средняя длина которых 570 нм. Геном PVH имеет наибольшее сходство (54%) с геномом другого вируса рода *Carlavirus* – PotLV. PVH серологически отличается от PVM, PVS, PotLV, способен поражать картофель в смешанной инфекции с PVS, PVX, PVY, PVM и PLRV [Li et al., 2013].

Латентный вирус картофеля впервые был обнаружен в микрорастениях сорта Red La Soda, импортированных из США в Шотландию [Bratney et al., 2002]. Вирион нитевидной, слегка изогнутой формы, длиной 530–670 нм. В ПЦР с праймерами, специфичными для вирусов рода *Carlavirus*, данный вирус дает продукт амплификации размером 857 п.н. Нуклеотидная последовательность гена белка оболочки PotLV имеет примерно 67% подобия с другими вирусами рода *Carlavirus*. Наибольшее сходство выявлено между PotLV и изолятом PVS^A. Но серологического сходства PotLV с другими вирусами рода *Carlavirus* не имеет. Выявлены отличия в биологическом тесте: PotLV поражает растения рода *Nicotiana* (*N. bigelovii*, *N. glutinosa*, *N. rustica*, *N. tabacum*) и *Physalis floridana*.

Обнаруженные в Аргентине и Уругвае PBK, а в Бразилии ВРКК, являются разными изолятами одного вируса, принадлежащего к роду *Carlavirus* [Nisbet et al., 2006]. Сорта картофеля могут быть инфицированы в латентной форме или реагировать задержкой роста и появлением шероховатости или утолщений на старых листьях.

В семействе *Betaflexiviridae* существует род *Teovirus*, единственным представителем которого является Теповирус Т картофеля, вирус редкий даже в странах Южной Америки. Андийский латентный тимовирус картофеля, который относится к роду *Tymovirus* в семействе *Tymoviridae*, широко распространен в странах Центральной и Южной Америки: Боливии, Колумбии, Эквадоре и

Перу. Несмотря на название, вирусная инфекция вызывает на картофеле заметное поражение, симптомы которого зависят от изолята, сорта картофеля и климатических условий (более выражены при пониженных температурах выращивания). На пораженных растениях появляется слабая или явно выраженная мозаика, скручивание и некроз кончиков листьев. Более серьезные повреждения растений наблюдаются при смешанной вирусной инфекции [Jones, Gribourg, 1977].

В семействе *Bromoviridae* вирусы, поражающие картофель, представлены в составе трех родов: *Alfavirus*, *Ilarvirus* и *Cucumovirus*. Род *Alfavirus* объединяет вирусы, имеющие сегментированный (из 3-х частей) геном. В составе рода – ВМЛ, который встречается на картофеле не часто, но отмечен во многих регионах. У пораженных сортов возможно появление некрозов в мякоти клубня. В очищенном препарате вируса обнаружены шесть типов частиц: три бациллоподобных (Тb, М, В), разного размера, и три сферических (Тa, Тo, Тz), которые по отдельности или вместе не являются инфекционными. Поражение растений вызывает смесь компонентов, число и соотношение которых зависят от штамма вируса и условий среды (<http://www.dpvweb.net/dpv/showdpv.php?dpvno=229>). Родственный РYV обнаружен сравнительно недавно в Чили и Перу на культурном картофеле и диких видах *Solanum* [Fuentes, Jayasinghe, 1992]. Вызывает пожелтение листьев или инфицирует картофель бессимптомно.

Вирус огуречной мозаики – один из наиболее распространенных фитовирусов, имеет самый большой круг хозяев: более 1200 видов, представители свыше 100 семейств двудольных и однодольных растений. Поражает растения в странах умеренной и тропической зоны, чаще обнаруживается на картофеле в странах с теплым климатом: Египет, Индия, Саудовская Аравия, Центральная Калифорния и Япония. Сорта картофеля, устойчивые к системной инфекции ВОМ при температуре выращивания 24 °С, становятся восприимчивыми при 30 °С [Celebi-Toprak et al., 2003]. Обнаружена географическая локализованность штаммов вируса (<http://www.dpvweb.net/dpv/showdpv.php?dpvno=400>). Очищенный препарат вируса содержит изометрические частицы не менее трех типов, сходной морфологии, но с разным количеством РНК.

Вирус стрика табака также распространен повсеместно, поражает виды более 30 семейств однодольных и двудольных растений, обнаружен на картофеле в Бразилии и Перу. Известно множество штаммов вируса. Вирионы представлены тремя типами изометрических частиц, соотношение которых меняется в зависимости от хозяина и вирусного штамма.

В семействе *Bunyaviridae* объединены вирусы, геном которых – однополовая РНК, минус полярности, а вирусные частицы имеют дополнительную липидосодержащую оболочку с шипами. Вирусы этого семейства обнаружены у членистоногих, грызунов, некоторые иногда заражают людей. Фитовирусы семейства *Bunyaviridae* сгруппированы в род *Tospovirus*, представители которого поражают многие продовольственные и декоративные культуры, а в последнее время обнаружены на картофеле. Вирус бронзовости томата найден на картофеле в США, Австралии и странах Европы, в основном в тропической или субтропической зоне. В странах с умеренным климатом ВПВТ

поражает растения в условиях защищенного грунта. У инфицированных растений на листьях появляются некротические пятна разной величины и концентрический рисунок, напоминающий поражение альтернариозом [Crosslin et al., 2009]. Иногда наблюдаются кольца и полукольца, отставание в росте и отмирание терминальных участков листа. Стебли или все растение преждевременно отмирают. Растения из инфицированных клубней обычно отстают в росте, имеют розетковидную форму. В клубнях появляются черные некротические пятна или кольца, иногда видимые через кожуру или наблюдаемые только в мякоти [Abad et al., 2005]. Вирусные частицы имеют сферическую форму и трехчастный геном, в котором один сегмент минус-полярности, а два других – двусмысловая РНК.

Родственный – вирус некротической пятнистости бальзамина обнаружен в США в теплицах на разных сортах картофеля [Perry et al., 2005; Crosslin, Hamlin, 2010]. Симптомы на растениях напоминают поражение ВПБТ или альтернариозом. Тесты ELISA и ПЦР со специфическими к INSV антителами и праймерами дали положительный результат. Секвенированная последовательность ампликона размером 906 п.н. имела не менее 99.7% подобия с известными депонированными последовательностями INSV. Вирус не передавался через клубни, и выращенные из них на следующий год растения не были инфицированы.

В нескольких провинциях Ирана в 2004–2006 гг. при обследовании полевых посадок картофеля методами ELISA и ОТ-ПЦР диагностированы вирусы рода *Tospovirus*: *Tomato yellow fruit ring virus* (TYFRV), TSWV и INSV у 24%, 4.1% и 0.4% листовых проб соответственно [Pourrahim et al., 2012]. С 1990-х годов в Индии родственный *Groundnut bud necrosis virus* (GBNV) вызывает серьезный некроз стеблей картофеля. Иногда симптомы напоминают поражение фитофторозом, потери урожая составляют от 29% до 90% [Jain et al., 2004; Ansar et al., 2015].

В странах Южной Америки (Колумбия, Эквадор и Перу) значительный ущерб (до 50% урожая) причиняет кринивирус пожелтения жилок картофеля, представитель рода *Crinivirus*, семейства *Closteroviridae* [Salazar et al., 2000]. Распространение тепличной белокрылки – переносчика вирусов рода *Crinivirus* отмечено повсеместно, и поражение виروزами приводит к ежегодным потерям в мировом агропроизводстве, величина которых оценивается в миллионы долларов. Многие *Crinivirus* способны взаимодействовать с другими неродственными вирусами и влиять на симптоматику поражения растений [Tzanetakis et al., 2013]. В Колумбии в посадках культурного картофеля *S. phureja* и *S. andigenum* обнаружена смешанная инфекция PVV и PVY (N-штамм) у 21% и 23% образцов соответственно [Villamil-Garzón et al., 2014].

Вирусы семейства *Geminiviridae* имеют широкий круг хозяев и вирионы, представленные одиночными или двояными изометрическими частицами. Вирус курчавости верхушки свеклы поражает картофель во многих странах мира, в основном в засушливых регионах. Симптомы поражения – угнетение роста, пожелтение и скручивание листьев, иногда изгибание черешков, появление карликовых побегов в верхней части растений. Штаммы вируса различаются по вирулентности, симптомам и хозяевам (<http://www.dpvweb.net/dpv/showdpv.php?dpvno=210>).

Вирусы, сгруппированные в род *Begomovirus*, являются возбудителями болезней у значительного числа овощных и технических культур, в нескольких регионах поражают картофель. Вирус свертывания верхушечных листьев томата диагностирован на картофеле в Индии. Растения отставали в росте, имели верхние закрученные и гофрированные листья с заметной мозаикой [Usharani et al., 2003]. Установлено, что в Бразилии болезнь деформирующей мозаики картофеля, впервые отмеченную более 20 лет назад, и болезнь пожелтения жилок томата, вызывает один вирус – *Potato deforming mosaic virus*, или *Tomato yellow vein streak virus*. В настоящее время вирус распространен на обеих культурах в штате Сан-Пауло [Ribeiro et al., 2005]. Болезни мозаичного пожелтения картофеля и томата в Венесуэле и Панаме вызывает также один вирус – *Potato yellow mosaic virus*, или *Tomato yellow mosaic virus* [Morales et al., 2001].

Подобно ВКВС, циркулирует во флоэме растений вирус скручивания листьев картофеля, относящийся к роду *Polerovirus* семейства *Luteoviridae*. Этот вирус является одним из наиболее вредоносных и причиняет серьезный экономический ущерб картофелеводству в регионах с теплым климатом, вызывает не только значительное (иногда до 90%) снижение урожая, но и ухудшает качество клубней. Как при первичном заражении, так и у вторично инфицированных клубней в сосудистой системе появляется сетчатый некроз. Штаммы ВСКК различаются по симптомам поражения картофеля или растений-индикаторов, а также в зависимости от их трансмиссии персиковой тлей, серологических отличий между штаммами не выявлено.

Семейство *Potyviridae* является одним из наиболее многочисленных и объединяет более 30% известных фитовирусов. В составе семейства 190 видов, сгруппированных в 8 родов, из которых самый представительный – *Potyvirus*. Повсеместное распространение и наиболее ощутимый ущерб картофелеводству причиняет YBK, который имеет широкий круг хозяев, поражает растения 9 семейств, в том числе представителей 9 родов *Solanacea*. Симптомы поражения на картофеле варьируют в зависимости от сорта, штамма вируса и условий выращивания. Различают три группы штаммов: обыкновенный PVY^o распространенный во всех странах, некротический PVY^N – поражает картофель в Европе, странах Африки и Южной Америки и PVY^C – штамм, обнаруженный в Европе, Австралии и Индии. Некротический штамм подразделяют на группы PVY^N, PVY^{NTN} и PVY^{N-wi}. Изоляты группы PVY^{NTN} вызывают появление некрозов в мякоти клубней. Изоляты группы PVY^{N-wi} серологически сходны с изолятами обыкновенного штамма PVY^o. Полагают, что их геном – результат рекомбинации между изолятами некротического и обыкновенного штаммов, которая произошла сравнительно недавно в результате специализации патогена к паразитированию на определенных сортах картофеля [Visser et al., 2012].

ABK (PVA) – другой представитель рода *Potyvirus*, обычно обнаруживают на картофеле при смешанной инфекции с PVY. PVA распространен повсеместно, но поражает определенные сорта картофеля [Jones, 2014]. VBK (PVV) обнаружен на картофеле во Франции, Ирландии, Нидерландах, Великобритании и Перу. Европейские изоляты PVV генетически мало различимы и принадлежат к

одному штамму [Oguetxebarria et al., 2000]. В Колумбии на культурном картофеле *S. phureja* выделен изолят PVV, который имеет большие генетические различия с остальными известными изолятами вируса [Gutierrez et al., 2016].

Единственный представитель рода *Necrovirus* в составе семейства *Tombusviridae* – вирус некроза табака на картофеле вызывает поражение клубней: появление темно-коричневых пятен, впамях повреждений, иногда в виде колец или подков, или светло-коричневых трещин. На листьях симптомы не образуются. Вирус поражает картофель, выращиваемый при орошении или в защищенном грунте. Наиболее благоприятны для развития инфекции пониженная температура (10–20 °С) и высокая влажность почвы.

В семействе *Virgaviridae* представлены фитовирусы, имеющие палочковидную форму. Они сгруппированы в 6 родов, в том числе *Potomovirus*, *Tobamovirus*, *Tobravirus*, в составе которых – виды, поражающие картофель. *Potomovirus* имеют трубчатые палочковидные частицы и сегментированный (из 3-х частей) геном. ВМБК вызывает повреждения мякоти клубней картофеля в виде коричневых крапинок, пятен, колец и полуколец. Вирус встречается в Северной Европе, странах Балтии [Santala et al., 2010], а также в Азии, Северной и Южной Америке, главным образом в местностях с прохладным (около 15 °С) и влажным климатом. Проявление симптомов вирусной инфекции зависит от условий выращивания: при повышенной температуре (более 20 °С) на листьях инфицированных растений характерные ярко желтые пятна не наблюдаются, а появляются некрозы. Разные штаммы ВМБК раз-

личаются вирулентностью и симптомами поражения на растениях-индикаторах, но серологически довольно сходны. ВМБК выявлен в России, на территории Татарстана в частных посадках картофеля [Замалиева, 2013].

Среди *Tobamovirus* – два вида способных поражать картофель: вирус мозаики томата и вирус табачной мозаики. Оба – наиболее детально исследованные среди фитовирусов, встречаются повсеместно, картофель поражают редко.

Представитель рода *Tobravirus* – ВПТ встречается повсеместно, в том числе в российских регионах. Вирус вызывает появление в мякоти клубней некротических пятен, колец и полуколец, похожих на поражения при инфицировании ВМБК. Степень проявления симптомов зависит от сортовых особенностей и штамма вируса. Клубни многих европейских сортов могут быть бессимптомными носителями ВПТ и/или ВМБК [Santala et al., 2010]. ВПТ обнаружен в Татарстане, как и ВМБК в частных посадках картофеля. Наиболее чувствительным оказался сорт Невский [Замалиева, 2013]. В Московской области найдены три вида нематод – переносчиков ВПТ, и полевые обследования выявили 5–32% растений зараженных ВПТ. Установлен прогрессирующий характер распространения вируса в течение 6 лет наблюдений [Козырева, Романенко, 2008]. Вирионы ВПТ существуют в виде частиц двух размеров: 185–196 нм и 50–115 нм. Длина частиц зависит от изолята, обнаружен широкий ряд серологических вариантов, специализация между серотипами вируса и отдельными видами нематод еще слабо изучена.

Основные тенденции распространения вирусов картофеля и их значение для российского картофелеводства

В XXI веке состав и распространение возбудителей вирусных болезней картофеля существенно расширились [Salazar, 2014]. Число диагностируемых в посадках картофеля вирусов возрастает за счет двух разнонаправленных процессов.

Расширяется круг хозяев у вирусов, ранее идентифицированных как возбудители болезней овощных, древесных и декоративных культур. Так, вирусы EMDV и CLRV, впервые описанные в середине прошлого столетия, теперь обнаружены на картофеле в тех же регионах, где прежде встречались только на баклажанах, томате или древесных растениях. Обнаружение в посадках картофеля других вирусов, например рода *Tospovirus*, связывают с расширением ареала возделывания картофеля, в основном, с его интродукцией в регионы субтропического климата [Jones, 2014]. Так, картофель в конце прошлого столетия поражал единственный из рода *Tospovirus* – TSWV. А за последние 20 лет родственные вирусы: INSV, TYFRV, GBNV выявлены на картофеле в Индии, Иране, Бразилии, Аргентине, Северной Америке. Другой пример быстро эволюционирующих вирусов – род *Begomovirus*, новые представители которого – ToLCNDV и ToYVSV так же стали причиной заболеваний картофеля в субтропических регионах, в основном на территориях стран с быстро развивающейся отраслью картофелеводства (Индия, Бразилия).

Кроме того, обнаружены новые возбудители вирусных болезней или их более опасные штаммы. Этот феномен связан, в первую очередь, с обширным родом *Carlavirus*, представители которого – новые, не известные ранее ви-

русы, найдены совсем недавно в Китае (PVH) или на сорте картофеля из Северной Америки (PotLV). У родственного им PVS выявлен новый высоковирулентный штамм. Так же новые вирулентные штаммы сравнительно недавно обнаружены у других повсеместно поражающих картофель вирусов – PVX, PVY. Расширяется спектр вирусов, вызывающих появление симптомов поражения на клубнях картофеля. Не только снижение урожая, но и ухудшение его качества может происходить в результате инфицирования картофеля 8 видами вирусов (EMDV, PAMV, AMV, TSWV, PVY, PMTV, TRV, TNV).

Поражение картофеля вирусами рода *Tospovirus* и рода *Begomovirus* связано не только с увеличением площадей занятых под картофель в странах с теплым климатом, но и с расширением ареалов переносчиков этих вирусов: трипса и белокрылки. Повсеместное распространение за последние 10–20 лет получили два вида: *B. tabaci* и *F. occidentalis*, удостоенные звания «супер-векторов» [Gilbertson et al., 2015]. Эти насекомые – полифаги, обладая высокой репродуктивной способностью и адаптивностью к пестицидам, а также благодаря человеческой деятельности, стали причиной распространения вирусных заболеваний на многих культурах в мировом агропроизводстве. Активное расселение *B. tabaci* (переносчика вирусов рода *Begomovirus*, *Ipomovirus*, *Torradorovirus*) привело к росту заболеваний томата, перца, фасоли, тыквенных культур. Распространение *F. occidentalis* вызвало расширение круга хозяев вирусов рода *Tospovirus* и вспышку переносимых с пылью вирусов рода *Ilarvirus*.

Глобальное потепление является одним из важнейших факторов, влияющих на мировое агропроизводство. Изменение климата способствует распространению новых вирусов или их переносчиков в регионы, прежде неблагоприятные для их существования. Многие авторы отмечают связанную с климатическими изменениями заметную экспансию за последние 20 лет насекомых-переносчиков (тлей, белокрылки, трипса и цикадок) и ассоциированных с ними вирусов рода *Potyvirus*, *Begomovirus*, *Tospovirus* и др. [Jones, Barbetti, 2012; Krishnareddy, 2013]. Наблюдаемое в последние десятилетия потепление климата, в общем, оценивают как благоприятное для сельского хозяйства России. Вместе с тем необходимо усиление мер защиты растений при прогнозируемой более высокой уязвимости сельскохозяйственных культур к воздействию вредителей и болезней. Так, в последние десять лет в Нечерноземной зоне России, как и в Скандинавии, наблюдается рост численности насекомых-вредителей, их активизация и распространение на большие расстояния при усиливающейся миграции некоторых видов в северном направлении. По итогам многолетнего (более 35 лет) мониторинга переносчиков вирусов картофеля в центральной зоне России – Московской области установлено изменение их видового состава. На посадках картофеля резко увеличилась численность самого вредоносного вида тлей – зеленой персиковой [Зейрук и др., 2008]. По наблюдениям сотрудников ВИЗР на Северо-Западе, из выявленных на картофеле тлей доминируют крушинниковая, большая картофельная, обыкновенная картофельная, в отдельные годы бобовая и в наименьшей численности персиковая

тля [Система интегрированной защиты..., 2016]. Активные поставки зарубежной сельскохозяйственной продукции (овощных и цветочных культур) также являются для России потенциальным источником новых, экзотических вирусов, или более опасных вирусных штаммов. Мониторинг декоративных культур импортного происхождения уже выявил посадочный материал, зараженный TSWV и INSV, эти же вирусы обнаружены на цветах в защищенном грунте [Шнейдер и др. 2010]. В Финляндии в период 1997–2010 гг. на цветочных и овощных культурах идентифицировано 8 новых вирусов, представителей *Tospo*-, *Potex*-, *Poty*, *Timo*-, *Ilar*, *Allexiviruses*. Фитовирусы, типичные для тропической и субтропической зоны, в северных широтах были найдены в тепличной культуре. Основной причиной появления экзотических вирусов авторы считают расширение географии и активизацию торговых взаимоотношений [Lemmetty et al., 2011].

Вредоносность различных вирусов определяют в системе взаимодействия патогена, растения-хозяина и условий окружающей среды. Среди известных возбудителей вирусозов, в России некоторые, мало вредоносные, могут привести к серьезным потерям в картофелеводстве при изменении условий выращивания. Возрастание количества вирусов - возбудителей болезней картофеля и изменения в географии их распространения отражают общий процесс взаимоотношений фитовирусов и их хозяев в современном агропроизводстве. Понимание глобальной ситуации необходимо для оптимизации всех звеньев интегрированной защиты, что позволит обеспечить в России устойчивое производство высококачественного урожая картофеля.

Библиографический список (References)

- Лебенштейн Г., Бергер Ф.Х., Брант А.А., Лоусон Р.Х. Вирусные и вирусоподобные болезни и семеноводство картофеля. Санкт-Петербург, Пушкин. ВИЗР. Научное издание. 2000. 275 с.
- Замалиева Ф. Борьба с вирусными болезнями картофеля // Защита и карантин растений. 2013. N 3. С. 17–21.
- Зейрук В.Н., Овзс Е.В., Абашкин О.В. и др. Изменение видового состава переносчиков вирусов картофеля по итогам многолетнего мониторинга // Картофелеводство (Минск). 2008. Т. 14. С. 391–396.
- Козырева Н.И., Романенко Н.Д. Распространение нематод семейства *TRICHODORIDAE* – переносчиков тобравирусов в Московской области // Паразитология. 2008. Т. 42. N 5. С. 4284–34.
- Система интегрированной защиты репродуктивного семенного картофеля от комплекса вредных организмов в Северо-Западном регионе Российской Федерации / Г.И. Сухорученко, Г.П. Иванова, С.А. Волгарев и др.: ФБГНУ ВИЗР. Санкт-Петербург. 2016. 64 с.
- Шнейдер Ю.А., Приходько Ю.Н., Живаева Т.С., Белошапкина О.О. Тоспивирусы на декоративных культурах // Защита и карантин растений. 2010. N 10. С. 32–35.
- Abad J. Tomato spotted wilt virus on potato in Eastern North Carolina / J. Abad, J. Moyer, G. Kennedy, G. Holms, M. Cubeta // Amer. J. of Potato Res. 2005. V.82. P. 255–261.
- Adams M.J. DPVweb: a comprehensive database of plant and fungal virus genes and genomes / M.J. Adams, J.F. Antoniw // Nucleic Acids Research. 2006. V.34. Database issue, D382–D385.
- Ansar M. Epidemiological studies of stem necrosis disease in potato caused by Groundnut bud necrosis virus / M. Ansar, M. Acram, R. B. Singh, V.S. Pundhir // Indian Phytopath. 2015. V.68. N 3. P. 321–325.
- Baulcombe D. Signal for potyvirus-dependent aphid transmission of potato aucuba mosaic virus and the effect of its transfer to potato virus X / D. Baulcombe, Joy Lloyd, I. N. Manoussopoulos, I. M. Roberts, B.D. Harrison // Journal of General Virology. 1993. V.74. P. 1245–1253.
- Bratney C. Potato latent virus: a proposed new species in the genus Carlavirus / C. Bratney, J. L. Badge, R. Burns, G. D. Foster, E. George, H. A. Goodfellow, V. Mulholland, J. G. McDonald and C. J. Jeffries // Plant Pathology. 2002. V. 51. P. 495–505.
- Celebi-Toprak F. Potato Resistance to Cucumber Mosaic Virus is Temperature Sensitive and Virus-Strain Specific / F. Celebi-Toprak, S.A. Slack, P. Russo // Breeding Science. 2003. V. 53. P. 69–75.
- Crosslin J. First report of seed-borne cherry leaf roll virus in wild potato, *Solanum acaule*, from South America / J. Crosslin, K.C. Eastwell, C.M. Davitt, J.A. Abad // Plant Disease. 2010. V. 94. P. 782.
- Crosslin J. First Report of Impatiens necrotic spot virus Infecting Greenhouse-Grown Potatoes in Washington State / J. Crosslin, L. Hamlin // Plant Disease. 2010. V. 94. N 12. P. 1507. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-07-10-0542>.
- Crosslin J. First Report of Tomato spotted wilt virus Causing Potato Tuber Necrosis in Texas / J. Crosslin, I. Mallik, N.C. Gudmestad // Plant Disease. 2009. V. 93. N 8. P. 845. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-93-8-0845A>.
- de Sousa G.D.P. Complete genome sequence of the first Andean strain of potato virus S from Brazil and evidence of recombination between PVS strains / G.D. P. de Sousa, S.B. Galvino-Costa, S.R. de Paula Ribeiro, R. Figueira Ados // Arch. Virol. 2012. V. 157. N 7. P. 1357–64. doi: 10.1007/s00705-012-1289-8.
- Fuentes S. Potato yellowing, caused by a new bacilliform virus / S. Fuentes, U. Jayasinghe // Fitopatología. 1992. V. 28. P. 22–37.
- Gilbertson R. Role of the insect supervectors *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in the emergence and global spread of plant viruses / R. Gilbertson, Ozgur Batuman, C.G. Webster, S. Adkins // Annual Review of Virology. 2015. V.2. P. 67–93.
- Gutierrez P.A. Complete genome sequence of a novel potato virus S strain infecting *Solanum phureja* in Colombia / P.A. Gutierrez, J.F. Alzate, M.A. Marin-Montoya // Arch. Virol. 2013. V. 158. N 10. P. 2205–2208. doi: 10.1007/s00705-013-1730-7.
- Gutierrez P.A. Genome sequence of a divergent Colombian isolate of potato virus V (PVV) infecting *Solanum phureja* / P.A. Gutierrez, H.J. Mesa, M. Marin-Montoya // Acta Virol. 2016. V.60. N 1. P. 49–54.
- Hooker W.J. Virus diseases of potato // Technical information Bulletin 19. International Potato Center. Lima. Peru 1982. 20 p.
- Jain R.K. Nucleocapsid protein gene sequence studies confirm that potato stem necrosis is caused by a strain of groundnut bud necrosis virus / R.K. Jain, S.M.P. Khurana, A.I. Bhat, V. Chaudhary // Indian Phyto. 2004. V. 57. P. 169–173.

- Jeffries C.J. Potato. In: *FAO/IPGRI Technical Guidelines for the Safe Movement of Germplasm*, 1998. N 19. P.178.
- Jones R., Barbetti M. Influence of climate change on plant disease infections and epidemics caused by viruses and bacteria. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 2012. V.7. N 22. P. 1–31. 10.1079/PAVSNNR20127022.
- Jones R. A. A previously undescribed nepovirus isolated from potato in Peru / R.A. Jones, C.E. Fribourg, R. Koenig // *Phytopathology*. 1983. V. 73. P. 195–198.
- Jones R. Virus disease problems facing potato industries worldwide: viruses found, climate change implications rationalizing virus strain nomenclature and addressing the potato virus Y issue. In: *The Potato, botany, production and uses*. Ed. Navarre R. and Pavec M. 2014. Washington State University. P. 202–225.
- Jones R.A.C. Beetle, contact and potato true seed transmission of Andean potato latent virus / Jones R.A.C., Fribourg C.E. // *Annals of Applied Biology*. 1977. V. 86. P. 123–128.
- Krishnareddy M. Impact of climate change on insect vectors and vector-borne plant viruses and phytoplasma / In: *Climate-resilient horticulture: adaptation and mitigation strategies*. 2013. P. 255–277.
- Kumar R. Development of PCR based methods for detection of potato aucuba mosaic virus in India / R. Kumar, A. Jeevalatha, N.N. Sharma, Sanjeev Sharma, S.K. Chakrabarti, B.P. Singh // *Potato Journal*. 2014. V. 2. N 41. P. 166–174.
- Lemmetty A. Emerging virus and viroid pathogen species identified for the first time in horticultural plants in Finland in 1997–2010 / A. Lemmetty, J. Laamanen, M. Soukainen, J. Tegel // *Agricultural and food science*. 2011. V. 20. P. 29–41.
- Li Y-Y. Discovery and Characterization of a Novel Carlavirus Infecting Potatoes in China / Y-Y.Li, R-N.Zhang, H-Y.Xiang, H. Abouelnasr, D-W. Li, J-L. Yu, J.H. McBeath, C-G. Han // *PLoS ONE*. 2013. V. 8. N 6. P.e69255. doi:10.1371/journal.pone.0069255
- Miglino R. Necrotic potato tubers infected by Eggplant mottled dwarf virus in Italy / R.Miglino, R. Sorrentino, A. De Stradis, A. Zoina and D. Alioto // *Journal of Plant Pathology*. 2013. V. 95. N 3. P. 619–621.
- Morales F. J. Potato yellow mosaic virus: a synonym of tomato yellow mosaic virus / F.J. Morales, R. Lastra, R.C de Uzcátegui, L. Calvert // *Arch. Virol*. 2001. V. 146. N 11. P. 2249–2253.
- Nisbet I. Characterization of Potato rough dwarf virus and Potato virus P: distinct strains of the same viral species in the genus *Carlavirus* / I. Nisbet, M. Butzonitch, J. Colavita et al. // *Plant Pathology*. 2006. V. 55. P. 803–812.
- Oruetebarria I. Molecular characterization of Potato virus V genomes from Europe indicates limited spatiotemporal strain differentiation / I. Oruetebarria, T. Kekalainen, C. Spetz, J. P. Valkonen // *Phytopathology*. 2000. V.90. P. 437–444.
- Perry K. L. Impatiens necrotic spot virus in Greenhouse-Grown Potatoes in New York State / K.L. Perry, L. Miller, L. Williams // *Plant Disease*. 2005. V. 89. N 3. P. 340. <http://dx.doi.org/10.1094/PD-89-0340C>.
- Pourrahim R. Occurrence of Impatiens necrotic spot virus and Tomato spotted wilt virus on Potatoes in Iran / R. Pourrahim, A. R. Golnaraghi, Sh. Farzadfar // *Plant Disease*. 2012. V. 96. N 5. P.771.
- Querci M. Analysis of the resistance-breaking determinants of potato virus X (PVX) strain HB on different potato genotypes expressing extreme resistance to PVX / M. Querci, D.C. Baulcombe, R.W. Goldbach, L. F. Salazar // *Phytopathology*. 1995. V. 85. P. 1003–1010.
- Ribeiro S. G. Potato deforming mosaic disease is caused by an isolate of Tomato yellow vein streak virus / S.G. Ribeiro, A. K. Inoue-Nagata, J.Daniels, A.C. de Ávila // *Plant Pathology*. 2006. V. 55. P. 569. doi:10.1111/j.1365-3059.2006.01432.x
- Salazar L.F. Potato viruses after XXth century: effects, dissemination and their control. 2014 / <http://www.crawfordfund.org/wp-content/uploads/2014/03/Salazar-Potato-Viruses.pdf>.
- Salazar L.F. Potato yellow vein virus: its host range, distribution in South America and identification as a crinivirus transmitted by *Trialeurodes vaporariorum* / L.F. Salazar, G. Müller, M. Querci, J.L. Zapata, R.A. Owens // *Ann. Appl. Biol.* 2000. V. 137. P. 7–19.
- Santala J. Detection, distribution and control of Potato mop-top virus, a soil-borne virus, in northern Europe / J. Santala, O. Samuilova, A. Hannukkala, S. Latvala et al. // *Annals of Applied Biology*. 2010. V. 157. P.163–178.
- Tozzini A.C. PVX MS, a new strain of Potato virus that overcomes the extreme resistance gene RX / A.C. Tozzini, M.F. Ceriani, P. Cramer, E.T. Palva, H.E. Hopp // *J. Phytopathol.* 1994. V. 141. P. 241–248. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0434.1994.tb01467.x>.
- Tzanetakis I. Epidemiology of criniviruses: an emerging problem in world agriculture / I. Tzanetakis, R.R. Martin, W.M. Wintermantel // *Front. Microbiol.* 2013. V.4. N 119. P. 1–15. <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2013.00119>
- Usharani K.S. Potato leaf curl – a new disease of potato in northern India caused by a strain of Tomato leaf curl New Delhi virus / K.S. Usharani, B. Surendranath, S.M. Paul-Khurana, I.D. Garg, V.G. Malathi // *New Dis. Rep.* 2003. V. 8. P. 2.
- Villamil-Garzón A. Natural co-infection of *Solanum tuberosum* crops by the Potato yellow vein virus and potyvirus in Colombia / A.Villamil-Garzón, W.J. Cuellar, M. Guzmán-Barney // *Agron. Colomb.* 2014. V.32. N2. P. 213–223. <http://dx.doi.org/10.15446/agron.colomb.v32n2.43968>
- Visser J.C. The Recent Recombinant Evolution of a Major Crop Pathogen, Potato virus Y / J.C. Visser, D.U. Bellstedt, M.D. Pirie // *PLoS ONE*. 2012. V. 7. N 11. P.e50631. doi:10.1371/journal.pone.0050631.
- Xu H. Genomic variability in Potato virus M and the development of RT-PCR and RFLP procedures for the detection of this virus in seed potatoes / H.Xu, J. D'Aubin, J.Nie // *Virology Journal*. 2010. V. 7. P. 25. DOI: 10.1186/1743-422X-7-25.

Translation of Russian References

- Kozyreva N.I., Romanenko N.D. Distribution of Trichodoridae nematodes – carriers of tobnavirus in the Moscow region. *Parazitologiya*. 2008. V. 42. N 5. P. 428–434. (In Russian).
- Lebenshtein G., Berger F.Kh., Brant A.A., Louson R.Kh. Viral and virus-like diseases and seed farming of potatoes. St. Petersburg, Pushkin: VIZR. 2000. 275 p. (In Russian).
- Shneider Yu.A., Prikhodko Yu.N., Zhivaeva T.S., Beloshapkina O.O. Tosopoviruses on decorative cultures. *Zashchita i karantin rastenii*. 2010. N 10. P. 32–35. (In Russian).
- Sukhoruchenko G.I., Ivanova G.P., Volgarev S.A. et al. System of integrated protection of reproductive seed potatoes against complex of harmful organisms in the North-western region of the Russian Federation. St.Petersburg: FGBNU VIZR. 2016. 64 p. (In Russian).
- Zamalieva F. Fight against viral diseases of potatoes. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2013. N 3. C. 17–21. (In Russian).
- Zeiruk B.N., Oves E.V., Abashkin J.V. et al. Change of species composition of potato virus carriers of following the results of long-term monitoring. *Kartofelevodstvo (Minsk)*. 2008. V. 14. P. 391–396. (In Russian).

Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 24–33

WIDESPREAD AND POTENTIALLY DANGEROUS TO RUSSIAN AGRICULTURE CAUSATIVE AGENTS OF VIRAL DISEASES OF POTATO

E.V. Rogozina¹, N.V. Mironenko², O.S. Afanasenko², Yosuke Matsushita³

¹*N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russia*

²*All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia*

³*NARO Agricultural Research Center, Tsukuba, Ibaraki, Japan*

Potato is one of the agricultural crops suffered from virus diseases heavily. Among 400 viruses infecting plants, 52 ones have been recorded as infecting potato; some of which affect potato worldwide, while others are restricted to the South American territory. Since the last century, the number of viruses infecting potato has increased significantly, from 25 to 37 viruses. The 35 most studied viruses can infect potato in natural conditions. They belong to 13 families according with the classification of viruses proposed by the International Committee on Taxonomy of Viruses. Potato viruses are placed into one of the groups, which have genome with negative or positive sense single-stranded RNA or single-stranded circular DNA. In 21st century the

number and range of viruses infecting potato increased due to expanding the host range of viruses, which have been recorded previously on vegetables, forest or ornamental crops (genera *Tospovirus*, *Begomovirus*). Also, new viruses or new virulent strains have been found (genera *Carlavirus*, *Potyvirus*). Climate changes, expansion of potatoes into new areas and dispersal of vectors transmitting viruses, especially *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis*, are the main reasons for appearance of viruses infecting potato. Intensification of global trade and delivery of agricultural products from abroad lead to virus introduction from tropic and sub-tropic zones into greenhouses in arctic countries (Russia, Finland). Understanding global situation, monitoring of virus vectors and phytosanitary control are necessary in order to organize the integrated pest management and to provide the sustainable potato growing in Russia.

Keywords: potato; virus; distribution; harmfulness.

Сведения об авторах

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР).
Б. Морская 42-44, 190000, Санкт-Петербург, Российская Федерация
*Рогозина Елена Вячеславовна. Ведущий научный сотрудник, доктор биологических наук, e-mail: rogozinaelena@gmail.com
Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
Мироненко Нина Васильевна. Зав. сектором, доктор биологических наук, e-mail: vizrspbz@mail.ru
Афанасенко Ольга Сильвестровна. Зав. лабораторией, доктор биологических наук, академик РАН, e-mail: vizrspbz@mail.ru
NARO Agricultural Research Center, Tsukuba, Ibaraki, Japan
Yosuke Matsushita, Senior researcher, e-mail: yousuken@affrc.go.jp

* Ответственный за переписку

Information about the authors

N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR),
B. Morskaya 42-44, 190000, St. Petersburg, Russian Federation
*Rogozina Elena Vyacheslavovna. Leading Researcher, DSc in Biology,
e-mail: rogozinaelena@gmail.com
All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608,
St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
Mironenko Nina Vasilievna. Head of Sector, DSc in Biology,
e-mail: vizrspbz@mail.ru
Afanasenko Olga Silvestrovna. Head of Laboratory, DSc in Biology,
Academician, e-mail: vizrspbz@mail.ru
NARO Agricultural Research Center, Tsukuba, Ibaraki, Japan
Yosuke Matsushita, Senior researcher, e-mail: yousuken@affrc.go.jp

* Responsible for correspondence

УДК 635.9:632.38

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВИРУСОВ, ВЫЯВЛЕННЫХ НА РАСТЕНИЯХ СЕМЕЙСТВА ORCHIDACEAE В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

В.Ф. Толкач

ФГБУН Биолого-почвенный институт ДВО РАН г. Владивосток, Россия

В статье приводятся результаты изучения свойств (биологических, морфологических и иммунохимических) вирусов, выявленных на растениях семейства Orchidaceae: *Vanda* spp., *Cattleya* spp., *Brassovola nodosa*, *Cymbidium* spp., *Odontoglossum* spp. и *Laelia* spp. в Приморском крае. На основании полученных данных можно предположить, что *Vanda* spp., *Cattleya* spp., *Brassovola nodosa*, *Cymbidium* spp. инфицированы вирусом кольцевой пятнистости одонтоглоссума *Odontoglossum ringspot virus* (род *Tobamovirus*, семейство *Virgaviridae*), а *Odontoglossum* spp. и *Laelia* spp. – вирусом мозаики цимбидиума *Cymbidium mosaic virus* (род *Potexvirus*, семейство *Flexiviridae*). Даны рекомендации по защите орхидных растений от вирусных болезней.

Ключевые слова: орхидеи, идентификация, вирусные болезни, виргавирида, флексивирида, профилактика, Приморский край.

Орхидеи из-за экзотической привлекательности, необыкновенной окраски и продолжительности цветения, тонкого неповторимого аромата, не оставляют равнодушными практически никого.

В настоящее время семейство орхидные (Orchidaceae Juss.) насчитывает более 25000 видов растений, входящих, примерно, в 800 родов и имеющих 30000 природных гибридов и более 1 млн выведенных в искусственных условиях. Орхидеи выращивают во всем мире, кроме пустынь и арктических зон [Zettler et al., 1990].

Наиболее значимые орхидеи это те, которые выращивают на срезку. К ним относятся растения из таких родов как фаленопсис (*Phalenopsis* Blume), арахнис (*Arachnis* Blume), аскоцентрум (*Ascocentrum* Schltr.), каттлея (*Cattleya* Lindl.), цимбидиум (*Cymbidium* Sw.), дендробиум (*Dendrobium* Sw.), лелия (*Laelia* Ldl.), онцидиум (*Oncidium*

Sw.), ренантера (*Renanthera* Lour.), ванда (*Vanda* R.Br.) и их гибриды. Орхидеи этих родов наиболее распространены в Юго-Восточной Азии, где их выращивают на полях при минимальных затратах [Mc Millan, Vendrame, 2005]. В настоящее время стремительно развивается промышленное цветоводство и из-за рубежа ввозится огромное количество орхидей, в том числе и туристами. В результате неконтролируемого завоза растений, в нашу страну попадают орхидеи, инфицированные различными болезнями, которые ослабляют их, вызывают ухудшение декоративных качеств у цветов, а иногда и гибель орхидей.

Грибные и бактериальные заболевания можно эффективно контролировать химическими препаратами, в то время как избавиться от вирусов в растении практически невозможно.

Растения, зараженные вирусами, как правило, менее стойкие к неблагоприятным условиям среды, часто теряют товарный вид, количество цветов у таких растений гораздо меньше, чем у здоровых орхидей, причем цветы очень часто бывают деформированными, а лепестки штриховатыми.

На орхидеях описано 24 вируса [Zettler et al., 1990], большинство из которых относятся к родам *Potyvirus* и *Rhabdovirus*. Наиболее распространенными и вредоносными вирусами для орхидных растений являются мозаика цимбидиума *Cymbidium mosaic virus* (*CyMV*) и кольцевая пятнистость одонтоглоссума *Odontoglossum ringspot virus* (*ORSV*) [McMillan, Vendrame, 2005; McMillan et al., 2006].

CyMV и *ORSV* встречаются повсеместно, где орхидеи выращиваются как комнатные цветы [Lawson, Brannigan, 1986; Wisler et al., 1987; Zettler et al., 1990].

Cymbidium mosaic virus является одним из представителей рода *Potexvirus* семейства Flexiviridae. Впервые вирус был описан в 1950 году на *Cymbidium* spp. в США [Jensen, 1950]. Вирус имеет широкое распространение на растениях семейства Orchidaceae [McMillan et al., 2006]. В естественных условиях наиболее подвержены заражению этим вирусом *Cymbidium* spp., *Cattleya* spp. и *Phalenopsis* spp. [Kado, 1965]. Вирусная инфекция на орхидеях проявляется в виде светло-зеленой полосчатости, затем полоски становятся выпуклыми, постепенно чернеют и листья опадают. Цветки, как правило, у зараженного вирусом растения меняют окраску и деформируются. На *Phalenopsis* spp. вирус вызывает изменение зеленой окраски листьев на мраморную, кроме этого, появляются различного размера светлые участки ткани листа, которые со временем превращаются во вдавленные черные пятна. Листья сильно ослабевают и опадают. На *Cattleya* spp. вирусные симптомы можно увидеть только у взрослых растений. Они реагируют на вирус темно-коричневыми или черными пятнами, которые могут быть различной формы: от круглой до овальной. Эти пятна могут сливаться, образуя мозаичный рисунок. На цветах вирус вызывает черные пятна. Реже этот вирус встречается у *Vanda* spp., реагирующей хлорозом и пятнистостью листьев. Орхидеи из родов эпидендрум (*Epidendrum* L.), *Laelia* spp., *Oncidium* spp., цигопеталум (*Zygopetalum* Hook.), пафиопедилум (*Paphiopedilum* Pfitz.), а также ваниль душистая (*Vanilla planifolia* Andr.) часто поражаются *CyMV*. На растениях вирус проявляется в виде изменения цвета участков листа (белые, желтые или светло-зеленые) [Hu et al., 1993].

CyMV не распространяется насекомыми-переносчиками, однако контактно передается между растениями и механической инокуляцией соком зараженного растения. Экспериментально поражаются тест-растения из семейств маревые (*Chenopodiaceae* Vent.) – марь амарантоцветная (*Chenopodium amaranticolor* Coste et Reyn.), свекла обыкновенная (*Beta vulgaris* L.s.l.); тыквенные (*Cucurbitaceae* Juss.) – огурец посевной (*Cucumis sativus* L.); пасленовые (*Solanaceae* Juss.) – дурман обыкновенный (*Datura stramonium* L.); амарантовые (*Amaranthaceae* Juss.) – гомфрена шаровидная (*Gomphrena globosa* L.); астровые (*Asteraceae* Dum.) – цинния элегантная (*Zinnia elegans* Jacq.); капуциновые (*Tropaeolaceae* DC.) – настурция большая (*Tropaeolum majus* L.). Не чувствительны к вирусу растения из семейств капустные (*Brassicaceae* Burnett.) и

бобовые (*Fabaceae* Vent.). Не удалось инфицировать растения из семейства *Solanaceae* – перец ягодный (*Capsicum frutescens* L.), томат съедобный (*Lycopersicon esculentum* Mill.), табак клейкий (*Nicotiana glutinosa* L.), табак настоящий (*N. tabacum* L.), петунию гибридную (*Petunia hybrida* Vilm.); из семейства зонтичные (*Apiaceae* Lindl.) – сельдерей пахучий (*Apium graveolens* L.).

Из семейства злаковые (*Gramineae* Juss.) вирус механически поражал рис посевной (*Oryza sativa* L.), а кукуруза обыкновенная (*Zea mays* L.) являлась не восприимчивой к заражению.

Физические свойства вируса. Вирус стабильный. Точка термической инактивации вируса (ТТИ) – 60–70 °С, предельное разведение сока (ПРС) – 10⁻⁶–10⁻⁷, а период сохранения инфекционности (ПСИ) составляет 25 суток.

Вирионы представляют собой гибкие нити, размером 480 нм [Brunt et al., 1997].

Odontoglossum ringspot virus – представитель рода *Tobamovirus* семейства *Virgaviridae*. Впервые вирус обнаружен на одонтоглоссуме большом (*Odontoglossum grande* Lindl.) в США [Jenson, Gold, 1951]. Встречается реже, чем *CyMV*, однако для орхидей является в экономическом плане очень важным, кроме того широко распространенным в странах, где выращивают эти растения [Wang, Xu, 1993; Sherpa et al., 2006].

Известно, что более чем 20 родов орхидей заражается *ORSV*. На начальной стадии инфицирования вирусом растений на внешней стороне листьев появляются светло-зеленые или желтые кольца, как правило, середина которых остается зеленой. По мере развития болезни ткань на пораженных участках (ободок колец) становится вдавленной и чернеет, а участок внутри кольца все еще остается зеленым. Нередки случаи, когда, наоборот, чернеет участок внутри кольца, а ободок оставался светло-зеленым или желтым, или же когда чернело все кольцо (и его ободок, и сердцевина) полностью. На *Vanilla* spp. *ORSV* встречается в комплексе с вирусами некроза ванили (*Vanilla necrosis virus*) и кольцевой пятнистости цимбидиума (*Cymbidium ringspot virus*). Вирус вызывает пестролепестность на *Cattleya* spp., *Odontoglossum* spp., *Oncidium* spp., *Cymbidium* spp., *Vanilla* spp., *Epidendrum* spp., энциклии (*Ecyelia* spp.), *Phalenopsis* spp. и у многих других родов орхидей [McMillan, Wagner, 2005]. У растений может быть и латентная форма инфекции. Очень часто *ORSV* и вирус огуречной мозаики (*Cucumber mosaic virus*) поражают растения одновременно, и могут вызывать непредсказуемые изменения в форме и окраске листьев орхидей. Распространяется вирус без помощи переносчика. Передача *ORSV* от растения к растению происходит путем механической инокуляции соком или посредством зараженных инструментов и рук [Brunt et al., 1997]. Вирус поражал растения из 9 семейств. Наиболее чувствительными к вирусу являлись тест-растения такие как *N. tabacum* cv. Xanthi, марь квиноа (*Ch. quinoa* Willd.), *G. globosa*, табак кливленский (*N. clevelandii* A.Gray), *N. glutinosa*, шпинат новозеландский (*Tetragonia expansa* Murr.), *Z. elegans*, *B. vulgaris*. Инфицируемые растения реагировали на заражение локальными поражениями в виде некротических пятен и колец. Вирус устойчив. ТТИ – 90 °С, ПРС – 10⁻⁶. Вирионы палочковидные, около 300 нм длиной и 18 нм

шириной. В цитоплазме клеток пораженных растений обнаружены кристаллические вирусные включения.

В Приморском крае орхидеи довольно легко найти в цветочных салонах, у многих дальневосточников, занимающихся выращиванием этих экзотических растений. Орхидеи привозят в Приморье чаще всего из Китая, Таиланда и Вьетнама и, как правило, не всегда обращают внимание на внешний вид растения.

Ранее на юге Дальнего Востока России нами впервые был идентифицирован *Cucumber mosaic virus (CMV)* (род *Cucumovirus*, семейство Bromoviridae) на растениях семейства Orchidaceae: *Cattleya* spp. с симптомами пожелтения жилок листьев, *Cambria* с деформацией листьев и

карликовостью растения и *Phalenopsis* spp. с хлоротичной штриховатостью листьев [Толкач, Гнutowa, 2007]. В настоящее время вирусные заболевания орхидей создают много проблем дальневосточным цветоводам-орхидеистам. Они часто доставляют в лабораторию экземпляры растений с симптомами задержки роста растения, штриховатости листьев, коричневой пятнистости и растрескивания листьев для установления причины заболевания.

Цель настоящей работы заключалась в идентификации и изучении свойств патогенов, вызывающих симптомы на орхидеях родов *Cymbidium* spp., *Odontoglossum* spp., *Vanda* spp., *Laelia* spp., *Cattleya* spp. и на броссаvole узловой (*Brassovola nodosa* [L] Lindley).

Материалы и методы исследований

Материалом исследования являлись растения орхидей – *Cymbidium* spp. с симптомами карликовости растения, хлоротичной пятнистости и усыхания листьев; *Odontoglossum* spp. с симптомами некротической кольцевой мозаики; *Vanda* spp. с симптомами хлоротичной кольцевой мозаики и *Laelia* spp. с некротической пятнистостью листьев, *Cattleya* spp. с симптомами некротических пятен стеблей и штриховатости лепестков цветов и *Brassovola nodosa* с симптомами деформации цветов, на которых позже появляются некротические точки и усыхает верхушка листьев (рис. 1–3).

Пораженные растения орхидей были доставлены в лабораторию вирусологии Биолого-почвенного института ДВО РАН цветоводами-любителями.

При проведении изучения патогенов методом биологического тестирования применяли модификацию экспериментального подбора тест-растений в тепличных условиях. Изучали устойчивость изолятов к физическим факторам. ТТИ определяли при нагревании сока пораженных растений в ультратермостате в течение 10 мин при температуре от 45–95 °С, ПРС – разведение *in vitro* сока больных растений в соотношении 10⁻¹–10⁻¹². Для установления периода сохранения инфекционности сока (ПСИ) изолятов вируса при комнатной температуре сок пораженного растения выдерживали в закрытом бюксе более 20 дней. Для изучения в электронном микроскопе формы и размеров вирионов в соке применяли метод негативного контрастирования

2% водным раствором уранилацетата. При постановке реакции двойной диффузии (РДД) использовали 1% Бакто-агар в 0.15 М растворе хлористого натрия с добавлением 1.5% ПЭГ для более четкого проявления линий преципитации.



Рисунок 1. *Cymbidium* spp. с симптомами карликовости, хлоротичной пятнистости и усыхания листьев



Рисунок 2. Лист *Laelia* spp. с симптомами некротической пятнистости



Рисунок 3. Растение *Cattleya* spp. с симптомами некротических пятен стеблей и штриховатости лепестков цветов

Результаты исследований

Для выявления патогенов, вызвавших заболевание у *Cymbidium* spp., *Odontoglossum* spp., *Vanda* spp., *Laelia* spp., *Cattleya* spp. и *Brassovola nodosa* механически заражали виды и сорта растений семейств: айзовые (Aizoaceae Rudolphi), Asteraceae Dum., амарантовые (Amaranthaceae Juss.), Chenopodiaceae Vent., Cucurbitaceae Juss., Fabaceae Lindl. и Solanaceae Juss.

Инокулировали тест-растения: белену черную (*Hyoscyamus niger* L.); бобы конские (*Faba bona* Medic.); *G.*

globosa, *Datura stramonium*, *Ch. quinoa*; марь стенную (*Ch. murale* L.); *C. sativus*; петунию гибридную (*Petunia hybrida* Vilm.); *N. tabacum*, cvs. Xanthi, Samsun; махорку (*N. rustica* L.); табак метельчатый (*N. paniculata* L.); *N. glutinosa*; шпинат новозеландский (*Tetragonia expansa* Muir.); щирицу хвостатую (*Amaranthus caudatus* L.); фасоль обыкновенную (*Phaseolus vulgaris* L.) и *Z. elegans*. Результаты восприимчивости тест-растений к инфицированию изолятами из орхидей представлены в таблице.

Таблица. Реакция тест-растений на заражение изолятами из орхидей

Тест-растения	Изолят из <i>Cymbidium</i>	Изолят из <i>Odontoglossum</i>	Изолят из <i>Vanda</i>	Изолят из <i>Laelia</i>	Изолят из <i>Cattleya</i>	Изолят из <i>Brassovola nodosa</i>
<i>Amaranthus caudatus</i>	–	L:N	–	L:N	L:N	–
<i>Chenopodium murale</i>	L:NSp	–	L:NSp	–	L:N	L:N
<i>Ch. quinoa</i>	L:CISP	L:N	L:CISP	L:N	L:N	L:N
<i>Cucumis sativus</i>	–	–	–	–	–	–
<i>Datura stramonium</i>	–	L:N	–	L:N	–	–
<i>Faba bona</i>	–	–	–	–	–	–
<i>Gomphrena globosa</i>	L:NSp	L:N	L:NSp	L:N	L:N	L:N
<i>Hyoscyamus niger</i>	–	–	–	–	–	–
<i>Nicotiana paniculata</i>	L:NSp	–	L:NSp	–	–	–
<i>N. rustica</i>	L:NSp	–	L:NSp	–	–	–
<i>N. tabacum</i> cvs.						
Xanthi	L:NSp	–	L:NSp	–	L:N	L:N
Samsun	–	–	–	–	–	–
<i>N. glutinosa</i>	L:NSp	–	L:NSp	–	L:N	L:N
<i>Petunia hybrida</i>	–	–	–	–	–	–
<i>Phaseolus vulgaris</i>	–	–	–	–	–	–
<i>Tetragonia expansa</i>	L:NSp	–	L:NSp	–	–	–
<i>Zinnia elegans</i>	L:CISP	–	L:CISP	–	–	–

Примечание: L: CISP – локальные хлоротичные пятна, L:N – локальные некрозы, L:NSp – локальные некротические пятна, “–” – не заразились

Изучены физические свойства изолятов. У изолята из *Vanda* spp. ТТИ – 85–90 °С, ПСИ – 10^{-10} – 10^{-12} , ПСИ>20 сут; *Cattleya* spp. ТТИ – 90–95 °С, ПРС > 10^{-12} , ПСИ>20 сут; *B. nodosa* ТТИ – 90–95 °С, ПРС > 10^{-10} , ПСИ>20 сут; *Cymbidium* spp. ТТИ – 90–95 °С, ПРС > 10^{-10} , ПСИ>20 сут; *Odontoglossum* spp. ТТИ – 60–65 °С, ПРС – 10^{-7} – 10^{-8} , ПРС –23 сут., *Laelia* spp. ТТИ – 70–75 °С, ПРС – 10^{-8} – 10^{-9} , ПРС –15 сут.

В электронном микроскопе в исходном материале *Vanda* spp., *Cymbidium* spp., *Cattleya* spp., *Brassovola nodosa* установлено наличие коротких палочковидных вирионов, размером около 300 нм, а у *Odontoglossum* spp. и *Laelia* spp. обнаружены извилистые палочковидные вирионы длиной около 500 нм.

Для того, чтобы исключить наличие в изучаемых образцах *CMV*, в РДД была использована антисыворотка против *CMV*, полученная нами ранее к изоляту *CMV* из *C. sativus*. Отрицательный результат свидетельствовал об отсутствии в больных орхидеях *CMV*.

Определяли антигенное родство изучаемых изолятов в РДД с антисыворотками против вирусов желтой мозаики фасоли (*Bean yellow mosaic virus*), табачной мозаики (*Tobacco mosaic virus*, *TMV*) и X-вируса картофеля (*Potato X virus*, *PXV*).

Антисыворотка против *PXV* прореагировала с изолятами из *Odontoglossum* spp. и *Laelia* spp., что свидетельствует о присутствии в больных растениях вируса из рода

Potexvirus. Антисыворотка против *TMV* дала положительный результат с изолятами из *Vanda* spp., *Cymbidium* spp., *Cattleya* spp. и *Brassovola nodosa*, что подтверждает принадлежность вируса, выявленного у исследуемых растений, к роду *Tobamovirus*.

Согласно литературным источникам, на орхидеях из родов *Potexvirus* и *Tobamovirus* встречаются вирусы *Cymbidium mosaic virus* и *Odontoglossum ringspot virus*.

Таким образом, на основании полученных результатов изученных свойств (биологических, морфологических и иммунохимических) изолятов и согласование их с литературными данными можно предположить, что *Vanda* spp., *Cattleya* spp., *Brassovola nodosa*, *Cymbidium* spp. инфицированы вирусом кольцевой пятнистости одонтоглоссума *Odontoglossum ringspot virus* (род *Tobamovirus*, семейство *Virgaviridae*), а *Odontoglossum* spp. и *Laelia* spp. – вирусом мозаики цимбидиума *Cymbidium mosaic virus* (род *Potexvirus*, семейство *Flexiviridae*) [Brunet et al., 1997]. Для получения более достоверных результатов идентификации вирусов необходимо продолжить работу с использованием современных методов диагностики вирусов (ELISA-тест, ПЦР).

Работа по выявлению и изучению вирусов, поражающих орхидеи в Дальневосточном регионе России ранее не проводилась.

Защитить орхидеи от вирусов можно только при соблюдении профилактических мер. Перед тем как приобре-

тать орхидеи необходимо осмотреть растение на наличие симптомов и насекомых-переносчиков.

При разведении орхидей основным условием является выращивание только здоровых растений. При появлении на листьях растений первых симптомов вирусного поражения нужно незамедлительно удалять больное растение, так как пораженные вирусами растения неизлечимы. Вирусы могут передаваться контактным путем (*Cymbidium mosaic virus*, *Odontoglossum ringspot virus*), вирусы из рода *Potyvirus* легко распространяются от одного растения на другое многочисленными видами тлей, тем самым могут вызвать массовое заражение растений. Переносчиками вирусов орхидей из родов *Nepovirus* и *Tobravirus* являются нематоды.

Главной задачей мероприятий по защите орхидей от вирусных болезней не допустить их распространение. Для этого необходимо при работе с растениями тщательно вести обработку рук и инструментария дезинфицирующими препаратами, не допускать контакта между растениями, регулярно осматривать их на наличие насекомых. Растения, у которых наблюдаются на листьях симптомы, вызванные недостатком питательных веществ часто путают с вирусными. Поэтому, необходимо вовремя проводить подкормки сбалансированными удобрениями для орхидей, что даст возможность правильно различать симптомы. Следует помнить, что эти мероприятия имеют главным образом только профилактическое значение.

Библиографический список (References)

- Толкач В.Ф. Растения семейства Orchidaceae, пораженные вирусом огуречной мозаики / В.Ф. Толкач, Р. В. Гнутова // Известия ТСХА. 2007. N 4. С. 165–173.
- Brunt A. *Cymbidium mosaic potexvirus* / A. Brunt, K. Crabree, M. Dallwitz, A.L. Gibbs et al. // Plant Viruses Descriptions and Lists from the Database. 1997. P. 494–496.
- Brunt A. *Odontoglossum ringspot tobamovirus* / A. Brunt, K. Crabree, M. Dallwitz, A.L. Gibbs et al. // Plant Viruses Descriptions and Lists from the Database. 1997. P. 842–844.
- Hu J.S. Detection of cymbidium mosaic virus, odontoglossum ringspot virus, tomato spotted wilt virus and Potyviruses Infecting Orchids in Hawaii / J.S. Hu, S. Ferreira, M. Wang et al. // Plant Disease. 1993. Vol.77. N5. P. 464–468.
- Kado C. Common virus diseases of orchids // “Problems in the Control of Virus Diseases”. The Orchid Digest. 1965. Vol. 29. P. 106–108.
- Jensen D. A virus ringspot of *Odontoglossum* orchid: symptoms, transmission and electron microscopy / D.A. Jensen, A. Gold // Phytopathology. 1951. Vol.41. P. 648–653.
- Lawson R. Virus diseases of orchids / R. Lawson, M. Brannigan // Handbook on Orchid Peast and Diseases. American Orchid Society. West Palm. 1986. P. 2–49.
- McMillan R.T. Color break in orchid flowers / R.T. McMillan, W.A. Vendrame // Proc. Fla. State Hort. Soc. 2005. Vol. 118. P. 287–288.
- McMillan R. Survey for *Cymbidium* mosaic and *Odontoglossum* ringspot viruses in domestic and international orchids / R.T. McMillan, A. Palmateir, W.A. Vendrame // Proc. Fla. State Hort. Soc. 2006. Vol. 119. P. 393–395.
- Sherpa A. Detection of *Odontoglossum* ringspot virus in orchids from Sikkim, India / A. Sherpa, T. Bag, A. Zaidi // Austr. Plant Pathology. 2006. Vol.35. N 1. P. 69–71.
- Wang M. Detection of cymbidium mosaic virus, odontoglossum ringspot virus, tomato spotted wilt virus, and Potyviruses Infecting Orchids in Hawaii / M.Wang, M.Q. Xu // Plant Disease. 1993. Vol. 77. N 5. P. 464–468.
- Wisler G., Virus infections of Vanilla and other orchids in Franch Polynesia / G. Wisler, F. Zettler, L. Mu // Plant Dis. 1987. Vol. 71. P. 1125–1129.
- Zettler F.W. Viruses of orchids and their control / F.W. Zettler, N.J. Ko, G. C. Wisler et al. // Plant Dis. 1990. Vol. 74. P. 621–626.

Translation of Russian References

Tolkach V.F., Gnutova R.V. Plants of the family Orchidaceae affected by cucumber mosaic virus. Izvestiya TSKhA. 2007. N 4. P. 165–173. (In Russian).

Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 33–37

IDENTIFICATION OF VIRUSES FROM PLANTS OF THE FAMILY ORCHIDACEAE IN PRIMORSKII TERRITORY

V.F. Tolkach

Institute of Biology and Soil Science, Vladivostok, Russia

The results of identification and study of viruses on plants of the family Orchidaceae are presented, i.e. on *Vanda* spp., *Cattleya* spp., *Brassovola nodosa*, *Cymbidium* spp., *Odontoglossum* spp. and *Laelia* spp. in Primorye. Based on these data we can assume that *Vanda* spp., *Cattleya* spp., *Brassovola nodosa*, and *Cymbidium* spp. are infected with *Odontoglossum ringspot virus* (genus *Tobamovirus*, family *Virgaviridae*), and *Odontoglossum* spp. and *Laelia* spp. are infected with *Cymbidium mosaic virus* (genus *Potexvirus*, family *Flexiviridae*). Recommendations are given for the protection of orchid plants against viral diseases.

Keywords: orchid; identification; viral disease; *Virgaviridae*; *Flexiviridae*; plant protection; Primorskii Territory.

Сведения об авторе

Биолого-почвенный институт ДВО РАН, Проспект 100-летия Владивостоку, 159, 690022, г. Владивосток, Российская Федерация
Толкач Валентина Федосьевна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: valentina_tolkach@mail.ru

Information about the author

Institute of Biology and Soil Science, 690022, Vladivostok, Prospect 100-let Vladivostok, 159, Russian Federation
Tolkach Valentina Fedosevna. Senior Researcher, PhD in Biology e-mail: valentina_tolkach@mail.ru

УДК 633.15 : 632.4

ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ КАК ФАКТОР РЕГУЛЯЦИИ УСТОЙЧИВОСТИ К СТЕБЛЕВЫМ ГНИЛЯМ (НА ПРИМЕРЕ *FUSARIUM VERTICILLIOIDES* (SACC.) NIRENBERG – *ZEA MAYS* L.)

В.Г. Иващенко

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург, Россия

При широкой изученности взаимоотношений *F. verticillioides* – *Z. mays* в бинарной системе, 3-видовая система, представленная эпифитотийно опасными возбудителями гнилей стеблей и початков (*F. verticillioides* – *Z. mays* – *F. graminearum*) исследована недостаточно, как и сезонная вариабельность поражаемости самоопыленных линий фузариозной стеблевой гнилью. С этой целью определяли характер отношений между патогенами и их влияние на урожайность 26 гибридов кукурузы при инокуляции початков *F. graminearum* и естественном развитии стеблевых гнилей в зерновом севообороте предгорной зоны Ставропольского края. Эколого-генетическую экспрессию поражаемости 66 линий стеблевыми гнилями определяли в 1994–2003 гг. Низкая вариабельность (11.6%), но стабильно высокая поражаемость умеренно-восприимчивых линий (45.3% в среднем) не могут служить гарантом стабильной урожайности в семеноводстве кукурузы. Напротив, устойчивым линиям свойственны высокая вариабельность (41%) и низкая пораженность (4.1% в среднем). Установлено, что при совместном развитии *F. verticillioides* и *F. graminearum* (на стеблях и початках соответственно) их отношения антагонистичны, причем *F. graminearum* эпистатичен, а *F. verticillioides* гипостатичен. Сдерживание развития фузариозной стеблевой гнили обусловлено изменением отношения source – sink (источник – потребитель), то есть прогрессирующим снижением аттрагирующей способности завязей семян в процессе колонизации початка *F. graminearum*. Депонирование части метаболитов в стебле приводит к ингибированию развития стеблевой гнили. Слабое и умеренное развитие гиббереллэза початков у наиболее устойчивых гибридов практически не изменяет заболеваемость фузариозной стеблевой гнилью (особенно у ремонтантных форм) и повышает эффективность отбора на групповую устойчивость. Развитие гиббереллэза початков, уменьшая скорость развития и интенсивность поражения стеблевой гнилью, способствует проявлению ложной устойчивости, что снижает эффективность отбора на групповую устойчивость к двум патогенам, а также корректность разделения образцов по группам устойчивости. Рациональное использование модификационной изменчивости признаков устойчивости повысит корректность дифференциации гибридов и линий по устойчивости к болезням фузариозной этиологии и эффективность отбора генотипа по фенотипу.

Ключевые слова: кукуруза, *F. verticillioides*, *F. graminearum*, стеблевая гниль, фузариоз початков, поражаемость, вариабельность, отношения source – sink, урожайность.

Многолетний опыт изучения в условиях Северного Кавказа патогенов и фитофагов кукурузы свидетельствует о формировании зональных комплексов вредных видов, представленных в большинстве зон её возделывания на зерно, преимущественно, возбудителями головни, болезней фузариозной этиологии (гнили стеблей и початков) и фитофагами (проволочники, шведские мухи, кукурузный мотылек). Наиболее распространенными из них являются фузариевые грибы, паразитирующие на кукурузе в течение всех XII этапов органогенеза, и кукурузный мотылек (КМ) – с IV-V по XII этап. При сходной распространенности стеблевых гнилей (СГ) и кукурузного мотылька (КМ) на юге РФ (до 70–80%), встречаемость 3-видовых ассоциаций составляет 49–64%, 4-видовых (с учетом фузариоза початков-ФП) – порядка 30–50% [Иващенко, 2010]. Произведение частот их совместной встречаемости на кукурузе характеризует распространенность патогенных ассоциаций, включающих: *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg – стабильно доминирующего уже несколько десятилетий возбудителя СГ и ФП и *Fusarium graminearum* Schwabe – эпифитотийно опасного возбудителя ФП, реже – СГ, а также кукурузного мотылька *Ostrinia nubilalis* Hbn. (КМ) – основной причины возникновения болезней початков. Как наиболее распространенные сочлены паразитоценоза эти патогены и фитофаг постоянно взаимодействуют между собой и растением, вызывают различные патологии роста и развития кукурузы.

В современной России, как и в б. СССР, значимость наиболее распространенного возбудителя болезней куку-

рузы сохраняется за *F. verticillioides*, роль *F. graminearum* в патогенном комплексе (порядка 4–6 видов) возрастает в годы развития фузариоза колоса хлебных злаков (Иващенко и др., 2004).

Если поражение кукурузы возбудителем пыльной головни (*Sporisorium reilianum* (Kuehn) Langdon et Full. сдерживает развитие СГ, то пузырчатой *Ustilago maydis* (D.C.) Corda – усиливает; в годы сильного развития гнилей стеблей пораженность ФП снижается, в годы слабого их развития распространенность ФП увеличивается [Иващенко, 1992].

При анализе отношений в системе паразит-хозяин одни авторы стремятся избавиться от “фенотипических шумов”, обусловленных повреждениями насекомых [Kang et al., 1986], другие исследователи [Jarvis et al., 1982; Kann et al., 1983], изучая сопряженность развития стеблевых гнилей и кукурузного мотылька, приходят к необходимости отбора к обоим вредным организмам, основываясь на существенности корреляций. Разнообразие онтогенетических консорциев, типов зависимостей между патогенами, патогенами и фитофагами проявляется в процессе взаимодействия с кукурузой, уровень устойчивости которой определяет характер и направленность отношений в зависимости от экологической устойчивости линии и гибрида.

Обязательность широкой сезонной адаптивности для всех полевых культур, как и пространственной адаптивности (приспособленности сортов или гибридов к разнообразию региональных сред), рассматриваются как отдельные селекционные задачи, решаемые разными методами.

В опытах В. Talbot [1984], изучавшего влияние сезонных и географических факторов среды на вариабельность урожайности 15 сельскохозяйственных культур, была установлена большая роль особенностей сезона (сорт × год), чем увеличение количества географических центров. Однако многие селекционеры отдают предпочтение эколого-географической сети в селекции и сортоиспытании, доводя число пунктов сортоиспытания до многих сотен [Vorlaug, 1983], то есть методу, основы которого были в свое время разработаны Н.И. Вавиловым [1935]. Считается, что это позволяет ускорить темпы создания и районирования новых сортов, поскольку каждая точка сортоиспытания в новой экологической зоне нередко равноценна ещё одному году испытания. Необходимо отметить, что применительно к кукурузе эффективно используются оба подхода: широкие эколого-географические сортоиспытания гибридов, а также изучение сезонной адаптивности исходного материала и родительских форм в зонах ведения селекции и семеноводства. Как правило, основным признаком, определяющим преимущества испытываемого гибрида, – урожайность и продолжительность вегетационного периода, тогда как связи продуктивности и устойчивости к вредным организмам не придается должного внимания.

Материалы и методы

В условиях предгорной зоны Ставропольского края (ВНИИ кукурузы, 1994–2003 гг.) изучали 66 самоопыленных линий кукурузы коллекционного питомника на устойчивость к стеблевым гнилям и паразитарной ломкости стеблей.

В трехвидовой паразитарной системе (*Zea mays* L. – *F. verticillioides* – *F. graminearum*) в 2002–2003 гг. на 26 экспериментальных гибридах разного уровня устойчивости оценивали проявление стеблевых гнилей в зависимости от развития фузариоза и гиббереллёза початков. Инокуляцию початков *F. verticillioides*

Показано, что при оценке гибридов в конкурсном испытании НСР₀₅ варьирует в пределах 5–8 ц/га, предварительном – 6–10, тогда как потери от СГ достигают 11–40 ц/га в зависимости от уровня устойчивости стандартов [Иващенко, Соколов, 1984]. В этой связи 2–3-летнее испытание не позволяет определить максимальные потери урожая (отмечаемые в эпифитотийные годы), так как величина их в экологически контрастные годы усредняется и часто не выходит за допустимые для умеренно устойчивых гибридов пределы. Сходная ситуация отмечается и при изучении самоопыленных линий, что приводит к необходимости более продолжительных испытаний для повышения достоверности иммунологической характеристики коллекционного материала.

Значительные различия в методических подходах, представлениях о природе, типах устойчивости, её эколого-генетической экспрессии у линий и гибридов обуславливают необходимость дальнейшего изучения указанных проблем.

Цель данной работы – определение вариабельности поражаемости у самоопыленных линий разного уровня устойчивости к СГ; изучение в 3-видовой ассоциации отношений *F. verticillioides* – наиболее распространенного на кукурузе возбудителя СГ и *F. graminearum* – наиболее агрессивного возбудителя ФП.

и *F. graminearum* проводили методом «зубочисток» [Young, 1943], наиболее близко копирующим инвазию гусениц в початок в природе. Площадь делянки 10 м², повторность 4-кратная, агротехника, принятая для зоны.

В работе использованы методические подходы и способы оценки, изложенные автором и в соавторстве [Иващенко, 1989; Вилкова и др., 1989]. Экспериментальные данные статистически обработаны [Доспехов, 1985; Холм, 1979; пакет прикладных программ Microsoft Excel, 2003].

Результаты и обсуждение

Эколого-генетическая экспрессия устойчивости к СГ и проявления паразитарной ломкости, обусловленной скоростью и степенью деструкции грибами тканей паренхимы и коры стеблей, дополняемой повреждениями КМ, характеризуется значительным варьированием оцениваемых показателей при оценках и отборе источников устойчивости.

Д. Мок [1979] охарактеризована основная причина меньшей продуктивности устойчивых к СГ линий кукурузы. Это генотипически предопределенная меньшая аттрагирующая способность завязей початка, медленные темпы старения и наступления состояния предрасположенности. Биологическая продуктивность и развитие болезни у таких линий достоверно ниже, чем у восприимчивых, сходных по скороспелости [Иващенко, 1992]. Сложившееся в 70-е годы направление отбора линий, характеризующихся неполным исчерпанием метаболитов стебля на формирование початков, позволило создать ряд устойчивых линий с медленным старением стеблей и развитием СГ (slow rotting). Начиная с 80-годов в СССР были созданы и районированы устойчивые отечественные гибриды ремонтантного типа. Наряду с расширением генофонда устойчивых линий, по-прежнему востребованы линии с высокой ОКС и СКС, устойчивостью к болезням початков, засухе, ста-

бильной устойчивостью и продуктивностью, характеризующиеся другими селекционно-ценными признаками.

Анализ данных 10-летнего изучения 66 самоопыленных линий кукурузы разного уровня устойчивости к СГ (от высокоустойчивых до восприимчивых) позволил выявить различную вариабельность их поражаемости (рис. 1).

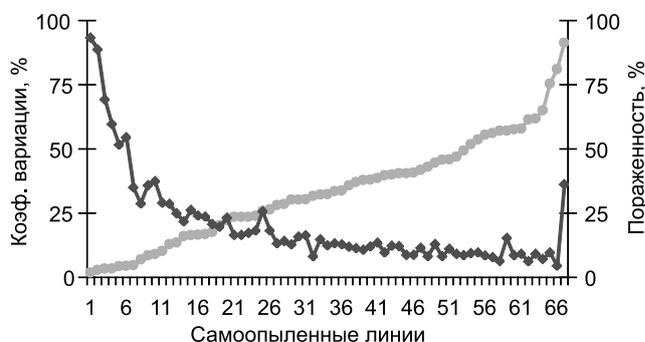


Рисунок 1. Вариабельность поражаемости у линий разного уровня устойчивости к стеблевым гнилям (1994–2003 гг.)

Согласно приведенным на рисунке 1 данным вариабельность поражаемости 20.9% при среднемноголетней пораженности 19.4% характерна для группы линий № 18 – № 24, что позволяет с достаточно высокой вероят-

ностью отобрать их среди коллекционного материала как перспективные.

Как установлено ранее [Хукер, 1974; Иващенко, Никоноренков, 1989; Иващенко, 1992], проявление устойчивости к СГ отрицательно связано с урожайностью и значительно модифицируется условиями вегетации, темпами старения растений.

Согласно данным рисунка 2, наиболее высока (41%) вариабельность пораженности в группе устойчивых линий, но поскольку на каждые 10% прироста пораженности ломкость возрастает на 1–6.4% [Иващенко, 1992], фактическая ломкость достигает 2.6%. К ним относятся: линии отечественной селекции Б 6 (к. 23018), Б 206 (к. 20084), Бг 1081–3 (к. 22749), Кин 062 (к. 18595), Ом 228 (к. 23127), Чк 45 (к. 18518), Юв 150 (к. 22751); и зарубежной – А 619 (к. 15335), F2 (к. 18033), См 7 (к. 15374), Р 343 (к. 20060), Р 502 (к. 19507), W 401 (к. 15714), (к. Р 502), F 115 (к. 16974).

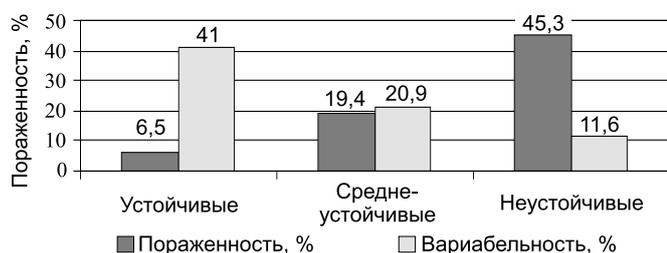


Рисунок 2. Пределы варьирования показателей поражаемости стеблей в различные по климатическим характеристикам годы (1994–2003 гг.)

При низкой вариабельности поражаемости у восприимчивых линий (11.6%) и стабильно высокой пораженности (33.7–56.9%), их использование допустимо при хорошей комбинационной способности, и лишь в качестве отцовской формы.

Рассмотрение устойчивости к стеблевым гнилям в системе общей и специфической адаптивности [Иващенко, 1989] выявило более интенсивное (на 26.7%) накопление сухого вещества зерна на единицу биомассы растения и большее отношение массы зерна к надземной массе растения (индекс урожайности) у восприимчивых линий, отличающихся более быстрыми темпами старения тканей стеблей.

Выявление в процессе многолетней оценки линий достаточного уровня устойчивости (характеризующихся невысокой изменчивостью устойчивости, в значительной степени модификационной) позволяет стабилизировать их продуктивность в семеноводстве на юге РФ, снизить проявление болезни в ЦЧР и, практически, исключить развитие СГ в Северо-Западном регионе и Западной Сибири.

Анализируя модификационную изменчивость, Н.И.Вавилов [1935] отмечал: «Все резкие изменения, вызываемые влиянием различных условий среды, у растений не наследуются. Но в решении вопроса об устойчивости данного сорта и качества зерна эта ненаследуемая изменчивость имеет решающее значение.»

В современной России, как и в б. СССР, значимость основного возбудителя сохраняется за *F.verticillioides*, роль *F.graminearum* в патогенном комплексе (включающем 4–6 видов) возрастает в годы развития фузариоза колоса хлебных злаков, преимущественно в избыточно влажные, и в пшенично-кукурузных коротких севооборотах с частым использованием кукурузы в качестве предшественника [Иващенко и др., 2004].

Результаты анализа взаимосвязей возбудителей болезни фузариозной этиологии (початков и стеблей) в системе кукуруза – патоген 1 – патоген 2 и их влияние на продуктивность 26 экспериментальных гибридов приведены в таблице.

Таблица. Влияние фузариозной* и гиббереллезной** гнили початков на развитие фузариозной стеблевой гнили и паразитарной ломкости стеблей кукурузы

Варианты	Контроль		<i>F. verticillioides</i> *		<i>F. graminearum</i> **	
	СГ	Ломкость КМ	СГ	Ломкость КМ	СГ	Ломкость КМ
Стеблевая гниль и ломкость, %	Среднеустойчивые, средневосприимчивые					
	19.0 а	10.45	24.6 а	18.78	12.25 б	6.6
	Устойчивые					
	8.26 а	6.36	13.06 а	17.82	1.75 б	6.06

Различия между а и б достоверны, $P = 0.05$ (Тьюки тест); *, ** инокуляция початков;

СГ – фузариозная стеблевая гниль, КМ – кукурузный мотылек; контроль – естественный инфекционный фон

Согласно данным таблицы инокуляция початков *F.verticillioides* вызывает некоторое (недостоверное) увеличение пораженности СГ, в то время как инокуляция *F.graminearum* приводит к существенному снижению степени поражения среднеустойчивых и средневосприимчивых гибридов. Это обусловлено более высокой агрессивностью *F.graminearum* (высокой скоростью колонизации зерновок, стержня и оберток початка (до 50–90% его величины), что приводит к преждевременной их гибели и резервированию части метаболитов в запасующих органах, в норме используемых на формирование зерновок в полноценных початках. Темпы старения тканей стебля снижаются, что сдерживает развитие СГ. При инокуляции *F.graminearum*** распространенность СГ снижается в сравнении с *F.verticillioides** в 2, а ломкость в 3 раза

у среднеустойчивых гибридов, в 7 и 3 раза у устойчивых соответственно. Показатели пораженности СГ и их ломкости от повреждений КМ достоверно не различаются.

Принцип использования отношений source – sink (источник – потребитель), для регуляции оттока метаболитов в репродуктивный период кукурузы успешно внедрён в селекционную практику для создания ремонтантных линий, менее продуктивных, но выдерживающих большие загущения, а созданные на их основе продуктивные гибриды, как правило, более устойчивы к СГ гнилям и паразитарной ломкости.

В патосистеме изменение отношения source – sink, то есть прогрессирующее снижение аттрагирующей способности завязей семян початков, происходит в процессе колонизации тканей початка грибом *F.graminearum*. До-

казательства связи повышенного содержания углеводов в стебле с устойчивостью к СГ [Мок, 1979] подтверждены данными о меньшей генотипически предопределенной (в норме) аттрагирующей способности завязей у расте-

ний устойчивых линий кукурузы [Иващенко, 1981], сорго [Dodd, 1980], тритикале [Saharan, Singh, 1982].

Это прослеживается по данным пораженности гибридов, сформировавших в контроле полноценные початки (рис.3).

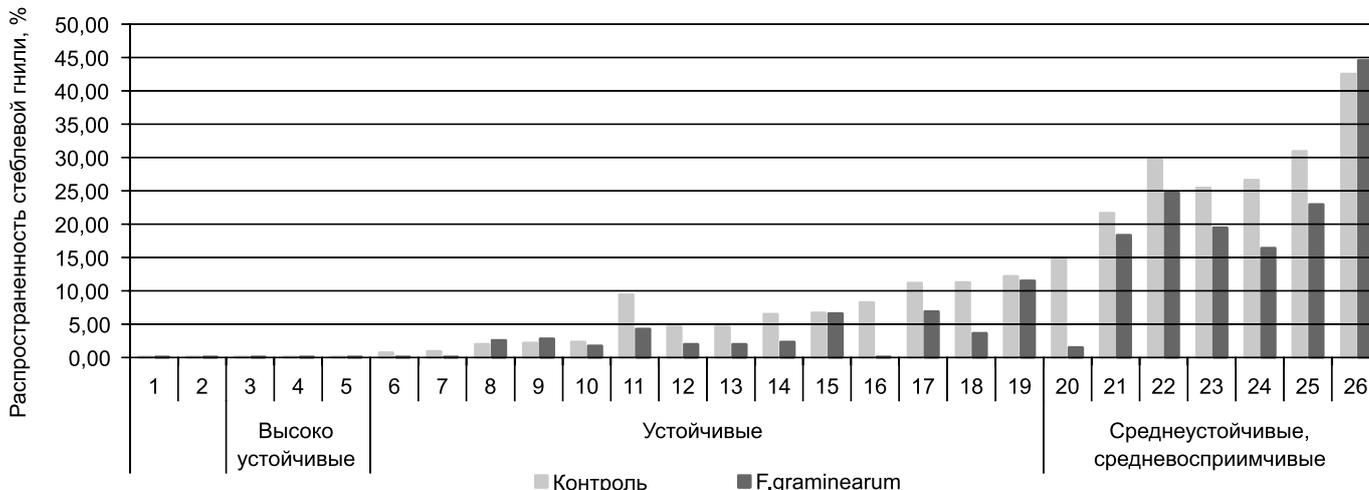


Рисунок 3. Влияние гиббереллеза початков на развитие фузариозной стеблевой гнили кукурузы

При отсутствии различий по заболеваемости СГ в группе высокоустойчивых гибридов, они проявляются среди устойчивых (№ 11–14, № 16–18) и средневосприимчивых (№ 20–25). У гибридов № 16 и 20 распространенность СГ снижается до показателей высокой устойчивости. То есть развитие гиббереллеза початков, уменьшая интенсивность поражения СГ, способствует проявлению ложной устойчивости, что снижает эффективность отбора и корректность разделения образцов по группам устойчивости. Изучение вредоносности гиббереллеза початков (рис. 4) показало, что при 100%-й распространенности болезни снижение урожайности от гиббереллеза початков составляет в среднем 28.75%. Недобор урожая от фузариоза початков составляет в среднем 5%, но роль фузариоза для семеноводства не менее значима вследствие широкой распространенности и скрытой зараженности семян, визуально регистрируемой лишь после обмолота початков. Анализ зависимости урожайности гибридов в контроле и при инокуляции *F. graminearum* ($r = 0.75$) и *F. verticillioides* ($r = 0.73$) позволяет судить о сходной вариабельности её величин у 50% гибридов. Практически такая же степень связи ($r = 0.72$) проявилась в ответных реакциях гибридов на поражение указанными возбудителями.

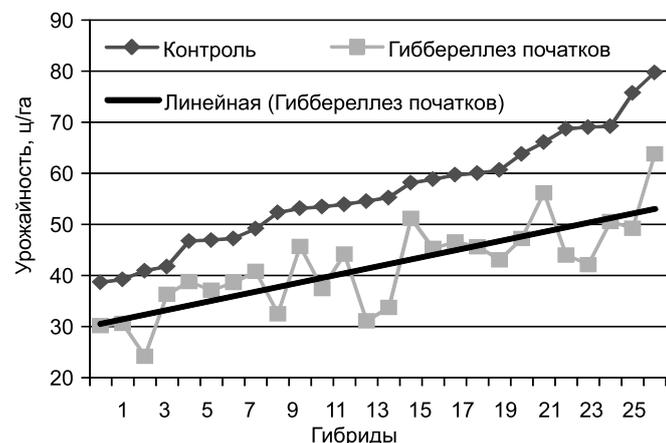


Рисунок 4. Снижение урожайности гибридов кукурузы от гиббереллеза початков

Высокий уровень устойчивости к стеблевым гнилям обеспечивает наиболее полную реализацию потенциала продуктивности линий в семеноводстве и гибридов в производстве. Однако повреждаемость гусеницами кукурузного мотылька, приводящая к обламыванию стеблей над початком с периода налива зерна, и ниже початка – в период созревания и перестоя на корню, снижает преимущества устойчивости к болезни, поскольку источников устойчивости ко второму поколению вредителя очень мало.

Созданные и районированные в СССР (начиная с 80-годов) устойчивые отечественные гибриды ремонтантного типа более успешно реализуют потенциал продуктивности в зонах вредоносности КМ и ломкости от его повреждений.

Вместе с тем успехи в селекции на устойчивость к болезням початков менее существенны. Особенно востребован исходный материал, устойчивый к *F. graminearum*.

Более раннее проявление гиббереллеза початков и лучшая визуальная диагностика болезни позволяют осуществлять браковку в предуборочный период, при переборке на току и после сушки, исключая початки, пораженные *F. graminearum* (отбраковка по четко выраженным симптомам). Обнаружение небольшого фузариозного очага *F. verticillioides* позволяет удалить лишь пораженные зерновки, тогда как скрыто зараженные (в области зародыша) попадают в семенную партию (браковка по початку визуально затруднена и реальна лишь после удаления обёрток).

Воздействие головневых грибов на развитие стеблевых гнилей проявляется разнонаправленно. Характер этих воздействий определяется особенностями патогенеза болезней. Поражаемость пузырчатой головней и стеблевыми гнилями чаще связаны положительно, поскольку разрастание вздутий пузырчатой головни сопровождается значительным снижением содержания сахаров в растениях и увеличением предрасположенности к болезни [Hurd- Karter, 1926]; раннее заражение пыльной головней и системный характер её поражения обуславливают значительное ингибирование роста стебля [Грисенко, Дуд-

ка, 1975], а уменьшение величины биологически скоррелированного отношения стебель – корни приводит, надо полагать, к резервированию в стебле и меньшему расходу

ванию углеводов, что положительно связано с устойчивостью к загниванию.

Заключение

Селекционный отбор на повышение у кукурузы урожайного индекса (УИ) и переход на гетерозисную селекцию привели к значительному увеличению плодонагрузки на растение, что в условиях аридизации климата обусловило снижение адаптационных возможностей культуры, усиление предрасположенности к поражению возбудителями стеблевых гнилей и развитию эпифитотий во многих странах. Преодоление противоречия между продуктивностью и устойчивостью решалось путем снижения УИ, то есть создания линий ремонтантного типа, характеризующихся неполным исчерпанием метаболитов на формирование початков, созревающих при зеленом стебле и листьях, отличающихся устойчивостью к стеблевым гнилям.

Широкое использование таких линий позволило создать гетерозисные гибриды ремонтантного типа, способные формировать более высокий урожай при существенно возросшей густоте стояния растений, что привело к некоторому повышению влажности под пологом листьев и улучшению условий для развития кукурузного мотылька и выживания инфекционного начала грибов, в том числе возбудителей фузариоза и гиббереллёза початков.

F. verticillioides и *F. graminearum* патогены одного трофического уровня, но обитающие на растении в разных экологических нишах. В полевых условиях Ставропольского края распространённость 3-видовых ассоциаций на кукурузе составляет 49–64%. Многолетние исследования и анализ литературы привели нас к заключению, что трехвидовая паразитарная система *Zea mays* — *F. graminearum* – *F. verticillioides* характеризуется следующими особенностями: *F. graminearum* выступает как патологический фактор сокращения жизнеспособных завязей, (гормонально регулирующих в норме приток метаболитов в початок), и как индуктор повышения устойчивости к СГ через увеличение уровня их депонирования в стебле и листьях.

При совместном паразитировании на кукурузе *F. verticillioides* и *F. graminearum* (на стеблях и початках соответственно) их отношения антагонистичны, причем *F. graminearum* эпистатичен, а *F. verticillioides* гипостатичен; сдерживание развития фузариозной СГ обусловлено меньшим оттоком метаболитов в зараженный и раньше отмирающий початок. Большая их часть резервируется в стебле, ингибируя веществами вторичного обмена (DIMBOA, MBOA) развитие СГ и повреждаемость стеблей КМ, что приводит к меньшей паразитарной ломкости растений (у менее продуктивных растений) в предуборочный период. Развитие гиббереллёза початков, снижая скорость развития и интенсивность поражения СГ, способствует прояв-

лению ложной устойчивости. Это предполагает проведение оценки одновременно к двум патогенам и корректного разделения образцов по группам устойчивости для отбора среди устойчивых к СГ образцов, наименее поражаемых фузариозом и гиббереллёзом початков.

Рассмотрение функциональных связей в онтогенезе растений в 3-видовой системе, позволяют судить, что объем плодonoшения при патологии [Иващенко, 1981] и в норме [Левина, 1981], регулируется лишь физиологическими механизмами. В норме устойчивость достигается за счет селекции (эндогенное регулирование), в патологии – как следствие модификации обмена в репродуктивный период.

У гибридов среднего уровня устойчивости к фузариозной СГ развитие гиббереллёза початков способствует повышению устойчивости к загниванию и ломкости стеблей, тогда как слабое и умеренное распространение и развитие ФП (в том числе и при поражении *F. verticillioides*) практически не изменяет уровень развития фузариозной СГ и результативность отбора на групповую устойчивость.

Таким образом, установление взаимосвязей в отмеченных выше консортных системах и их рациональное применение в технологии отбора исходного материала является необходимым условием корректного толкования результатов мониторинга, позволяет избавляться от «фенотипических шумов», включая проявление ложной устойчивости к СГ у восприимчивых к гиббереллёзу початков линий и гибридов.

Оценка влияния каждого из них и паразитоценоза в целом на продуктивность растения-хозяина (включая повреждаемость КМ как фактор распространения ФП) расширяет возможности целенаправленного изменения состава и численности сочленов паразитоценоза путем использования стабилизирующей роли устойчивости кукурузы и её продуктивности как фактора регуляции отношений в системе паразит-хозяин. Отбор линий, характеризующихся неполным исчерпанием метаболитов стебля на формирование початков (ремонтантных, то есть с более действенным физиологическим барьером), обеспечивая устойчивость к СГ в системе семеноводства, позволяет повысить продуктивность посева при большей густоте стояния гетерозисных гибридов, полученных из таких линий. При условии увеличения объёмов применения биометода в защите початка от повреждений фитофагами (и от ФП), увеличении доли устойчивых к стеблевым гнилям гибридов, технология биозащиты кукурузы от вредных организмов прогнозируется более эффективной и экологичной.

Библиографический список (References)

- Вавилов Н.И. Учение об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям (применительно к вопросам селекции) // Теоретические основы селекции растений. М.: Л., 1935. С. 893–990.
- Вилкова Н.А., Иващенко В.Г., Фролов А.Н. и др. // Методические рекомендации по оценке кукурузы на комплексную устойчивость к вредителям и болезням. М.: 1989. ВАСХНИЛ, 1989. 43 с.
- Грисенко Г.В., Дудка Е.Л. Патолого-морфологические изменения у кукурузы в зависимости от формы проявления пыльной головни // Проблемы онкологии и тератологии растений. Л., 1975. С. 427–430
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос. 1965. 423 с.
- Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных урожайность зерна и качество стебля у раннеспелой кукурузы // X заседание Еукарпии. Варна, 1979. С. 13–14.

- Иващенко В.Г. Устойчивость кукурузы к фузариозной и угольной гнилям как функция физиологической реактивности растений // Тез. докл. VII Всес. совещ. по иммунитету с.-х. растений к болезням и вредителям. Новосибирск. 1981. С. 116–117.
- Иващенко В.Г., Соколов В.М. Ломкость стеблей кукурузы и пути совершенствования методики испытания гибридов // Селекция и семеноводство. 1984. 1. С. 19–20.
- Иващенко В.Г. Методика оценки пораженности стеблевыми гнилями и краткосрочного прогноза потерь кукурузы на зерно // ВАСХНИЛ, ВИЗР. Л.: 1989. 18 с
- Иващенко В.Г., Никоноренков В.А. О вредности стеблевых гнилей в связи с селекцией кукурузы на гетерозис // Сельскохозяйств. биология. М.: 1989. 1. С. 99–102.
- Иващенко В.Г. Устойчивость кукурузы к основным болезням и разработка методов ее повышения: автореф. ... докт. дисс. СПб., 1992. 38 с.
- Иващенко В.Г., Шпилова Н.П., Назаровская Л.А. Фузариоз колоса хлебных злаков. СПб.: 2004. 164 с.
- Иващенко В.Г. Возбудители болезней кукурузы, оценка их опасности и возможности защиты // Иммунопатология, аллергология, инфектология. 2010. 1. С. 104–105.
- Иващенко В.Г., Сотченко Ю.В. Способ отбора гибридов кукурузы, устойчивых к засухе и стеблевым гнилям (патент на изобретение N 2189736 от 27.09.2002).
- Иващенко В.Г., Сотченко В.С., Горбачева А.Г., Сотченко Ю.В. Селекция кукурузы на устойчивость к вредным организмам и засухе // Вестник защиты растений, 2003, 2. С. 22–30.
- Левина Р.Е. Репродуктивная биология семенных растений. М.: Наука. 1981. 95 с.
- Мок Д. Фотосинтез, урожайность зерна и качество стебля у раннеспелой кукурузы // Тез. докл. X заседания ЭУКАРПИЯ. Варна. 1979. С. 13–14.
- Borlaug, N.E. // Science, 1983. v. 219. P. 689–693.
- Bruckner P.L., Fronberg R.S. Stress tolerance and adaptation in spring wheat // Crop Science. 1987. 27. 1. P. 31–36.
- Holm, S.A. simple sequentially rejective multiple test procedure. Scandinavian Journal of Statistics. 1979. 6 (2). P. 65–70.
- Dodd J.L. Grain sink size and predisposition of zeas to stalk rot // Phytopathology, 1980. 70. 6. P. 534–535.
- Jarvis J., Clark R., Guthrie W. Effect second generation European corn borer on resistance of maize to *Diplodia maydis* // Phytopathol., 1982. 72. 9. P. 1149–1152.
- Hurd–Karrer A.M., Hasselbring A. Effect of smut (*Ustilago zeae*) on the sugar content of corn stalks // J. Amer. Res., 1926. P. 34.
- Kaan F., Anglade P., Boyat A. e.a. La resistance a la pyrale *Ostrinia nubilalis* Hbr. Dans un diallele de 14 lignes pre-coecs de mais, *Zea mays* L. // Agronomie, 1983. 3. 6. P. 507–512.
- Kang M., Pappelis A., Zuber M. Effect of stalk inoculation (*Diplodia maydis*) on parenchyma death in cob and lower internodes of maize // Cereal Reg. Common, 1986. 14. 3. P. 267–272.
- Talbot, B.M.. Yield variability of crop varieties in the U.K. // J. Agric. Sci., Camb., 1984. vol. 102: P. 315–321.
- Young H.C. The toothpick method of inoculating corn for ear and stalk rots (Abstr.) // Phytopathology, 1943. 33. P. 16.

Translation of Russian References

- Dospekhov B. A. Methodology of field experiment. Moscow, Kolos. 1965. 423 p. (In Russian).
- Grisenko G.V., Dudka E.L. Pathological-morphological changes in maize depending on form of manifestation of head smut. In: Problemy onkologii i teratologii rasteniy. Leningrad, 1975. P. 427–430. (In Russian).
- Ivashchenko V.G. Assessment techniques of stem rot harm and short-term forecast of losses of maize grain. VASHNIL, VIZR. Leningrad, 1989. 18 p. (In Russian).
- Ivashchenko V.G. Causative agents of diseases of maize, assessment of their danger and possibility of protection. Immunopatologiya, allergologiya, infektologiya. 2010. N 1. P. 104–105. (In Russian).
- Ivashchenko V.G. Resistance of maize to fusariosis and charcoal rots as function of physiological reactivity of plants. In: Tez. dokl. VII Vses. soveshch. po иммунитету s.-kh. rasteniy k boleznyam i vreditelyam. Novosibirsk. 1981. P.116–117. (In Russian).
- Ivashchenko V.G. Resistance of maize to the main diseases and development of methods of its increase. Avtoref. ... dokt. diss. St.Petersburg, 1992. 38 p. (In Russian).
- Ivashchenko V.G., Nikonorenkov V.A. On harmfulness of maize stem rot in connection with selection on heterosis. Selskokhoz. biologiya. Moscow, 1989. N 1. P. 99–102. (In Russian).
- Ivashchenko V.G., Shipilova N.P., Nazarovskaya L.A. Fusariosis of ear of grain cereals. St.Petersburg, 2004. 164 p. (In Russian).
- Ivashchenko V.G., Sokolov V.M. Fragility of maize stalks and way of improvement of technique of testing hybrids. Seleksiya i semenovodstvo. Moscow, 1984. N 1. P. 19–20. (In Russian).
- Ivashchenko V.G., Sotchenko V.S., Gorbacheva A.G., Sotchenko Yu.V. Selection of maize on resistance to harmful organisms and drought. Vestnik zashchity rasteniy, St.Petersburg, 2003. N 2. P. 22–30. (In Russian).
- Ivashchenko V.G., Sotchenko Yu.V. A way of selection of maize hybrids resistance to drought and stem rots (Patent for the invention No. 2189736 from 9/27/2002). (In Russian).
- Levina R.E. Reproductive biology of seed plants. Moscow: Nauka. 1981. 95 p. (In Russian).
- Mok D. Photosynthesis, productivity of grain and quality of stalk at early ripe maize. In: Tez. dokl. X zasedaniya EUKARPIA. Varna. 1979. S. 13–14.
- Vavilov N.I. The doctrine on immunity of plants to infectious diseases (in relation to questions of selection). Theoretical bases of selection of plants. Moscow, Leningrad. 1935. P. 893–990. (In Russian).
- Vilkova N.A., Ivashchenko V.G., Frolov A.N., et al. Methodical recommendations on maize assessment on complex resistance to pests and diseases. Moscow. 1989. 43 p. (In Russian).
- Zhuchenko A.A. Adaptive potential of grain productivity and quality of stalk at early ripe maize. In: X zasedaniya EUKARPIA. Varna, 1979. P. 13–14. (In Russian).

Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 38–44

MAIZE PRODUCTIVITY AS A FACTOR IN REGULATION OF RESISTANCE TO STEM ROT (WITH *FUSARIUM VERTICILLIOIDES* (SACC.) NIRENBERG – *ZEA MAYS* L. AS AN EXAMPLE)

V.G. Ivashchenko

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

The relationships between *F. verticillioides* and *Z. mays* in the binary system is well studied, but the three-species system (*F. verticillioides* – *Z. mays* – *F. graminearum*), as well as seasonal variability of susceptibility of autophilous lines to Fusarium stem rot, have not been adequately studied. The aim of the study was determination of the relationship between pathogens and their impact on the yield of 26 maize hybrids under inoculation of ears with *F. graminearum*, and natural stalk rot development in grain crop rotation of the foothill area of the Stavropol territory. In 1990–2003, the ecological and genetic expression of stem rot affection on 66 lines was studied. Low variability (11.6%), but consistently high vulnerability of moderately susceptible lines (45.3% on the average) cannot guarantee stable yields in seed corn production. The resistant lines, in contrast, are characterized by a high variability (41%) and low vulnerability (4.1% on the average). At joint development of *F. verticillioides* (on stalks) and *F. graminearum* (on cobs), their relationship is antagonistic; *F. graminearum* is an epistatic, but *F. verticillioides* is a hypostatic. It is found that the restraint of the Fusarium stem rot development is caused by the change of attitude *source* — *sinc* (source — consumer), i.e. a progressive decrease attractant ability of the seed ovaries in the process of ear colonization by *F. graminearum*. Deposition of some metabolites in a stalk leads to inhibition of the stem rot development. Weak and moderate development of *Gibberella* on ear of the most stable hybrids does not change the incidence of Fusarium stem rot (especially on remountant forms) and increases the efficiency of selection on group resistance. It may be stated that the development of *Gibberella* on cobs,

reducing the rate of development and intensity of the lesion of stem rot, contributes to the manifestation of false resistance, which reduces the efficiency of selection on group resistance to two pathogens, as well as the correctness of the separation of samples by group sustainability. Rational use of modification variability of signs of stability will increase the accuracy of differentiation of the hybrids and lines for resistance to *Fusarium* disease etiology and the effectiveness of the selection of the genotype on the phenotype.

Keywords: *Z. mays*; *F. verticillioides*; *F. graminearum*; stem rot; ear rot; vulnerability; variability; source–sink relationship; yield.

Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
Иващенко Владимир Гаврилович. Ведущий эксперт, доктор биологических наук, профессор, e-mail: ya.v-ivaschenko2013@yandex.ru

Information about the author

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
Ivashchenko Vladimir Gavrilovich. Leading expert, DSc in Biology, Professor, e-mail: ya.v-ivaschenko2013@yandex.ru

УДК 632.937.3

СКРИНИНГ ЭНТОМОФАГОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ ОТ ТЛЕЙ-ПЕРЕНОСЧИКОВ ВИРУСОВ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕПЛИЦАХ

Н.А. Белякова, Ю.Б. Поликарпова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

На основе анализа особенностей возделывания безвирусного картофеля в современных теплицах определены основные качества энтомофагов, определяющие их эффективность в борьбе с тлями-переносчиками вирусов. Исходя из пищевых связей и морфологических особенностей для защиты семенного картофеля пригодны следующие кокциnellиды из коллекции ВИЗР: *Harmonia dimidiata* Fabr. и *H. axyridis* Pall. для использования на стадии личинки, *Cheilomenes sexmaculatus* Fabr., *Adalia bipunctata* L., *Cycloneda sanguinea limbifer* Casey и *Propylea 14-punctata* L. для использования на стадии имаго.

Ключевые слова: биологический контроль вредителей, Coccinellidae, гидропонные технологии растениеводства, превентивная колонизация, репродуктивный потенциал.

Защищенный грунт широко используется при крупномасштабном круглогодичном производстве элитного безвирусного картофеля, а также в маркер-ориентированной селекции. Поэтому разработка системы биологической защиты посадок картофеля в теплицах является весьма актуальной.

В настоящее время на территории РФ происходит расширение площади посадок картофеля в защищенном грунте с использованием в основном современных технологий гидропонного растениеводства. Крупнейшие отечественные производители семенного картофеля вводят в строй индустриальные теплицы для круглогодичного выращивания картофеля. Например, новый тепличный гидропонный комплекс ООО «Дока-Генные Технологии» позволил повысить мощность производства миниклубней до 400 тыс. штук в 2016 г.

Семенные миниклубни получают от пробирочных растений меристемного картофеля (6–8 полностью развернутых листьев) высаженных в гидропонную установку «Картофельное дерево» (КД). Производственный цикл получения миниклубней составляет 3–4 месяца. Это нулевая репродукция, которую используют в дальнейшем для получения семенного материала категории элита. Продуктивность растений картофеля на гидропонной установке достаточно велика: за один период вегетации с 300 пробирочных растений можно собрать до 10000 мини-клубней весом 5–7 грамм. При круглогодичном производстве на одной установке выращивают до четырех поколений растений.

В современных теплицах изоляцию от внешней среды

нередко рассматривают, как основной способ избежать потерь от вредителей. Для экранирования системы вентиляции широко используют сетки, на которых идет накопление статического электричества. Форточки, система вентиляции экранированы, вход снабжен тамбурами. Все эти приемы и приспособления снижают вероятность проникновения насекомых извне. Изоляция оттягивает время появления вредителей в новых теплицах, минимизирует частоту их проникновения, однако заселение фитофагами неизбежно, особенно в летний период, когда активизируются их природные популяции. Основным переносчиком вредителей является обслуживающий персонал. Кроме того, использование в качестве источника освещения ламп мощностью 400–600 Вт приводит к сильному перегреву растений картофеля. Необходимо постоянное вентилирование для охлаждения помещения, что повышает риск проникновения вредителей через вентиляционные каналы.

Исключить человека из производственного процесса или отказаться от вентиляции теплиц невозможно, поэтому в защите тепличных культур, в том числе картофеля рассчитывать только на изоляцию и карантинные меры нецелесообразно. Многолетний опыт тепличного растениеводства свидетельствует о том, что индустриальные теплицы заселяются вредителями в течение первых 5–12 месяцев после ввода в эксплуатацию, несмотря на изоляцию и регулярные мероприятия по дезинфекции в период между оборотами. Усложняет ситуацию крайняя нестабильность тепличных агроценозов. При попадании даже единичных особей вредителей существует угроза вспы-

шек их размножения на фоне оптимальных климатических условий, искусственно поддерживаемых в теплицах [Павлюшин и др., 2001; Яркулов, Белякова, 2007].

Перенос большинства вредоносных вирусов картофеля происходит с помощью тлей. Основную долю в суммарной векторной активности составляет персиковая тля *Myzus persicae* Sulzer. Менее значимыми являются крушинная *Aphis nasturtii* Kaltен., крушинниковая *Aphis frangulae* Kaltен., обыкновенная картофельная *Aulacorthum solani* Kaltен., большая картофельная *Macrosiphum euphorbiae* Thomas и бобовая *Aphis fabae* Scopoli тли [Анисимов и др., 2009]. Кроме того вирусы на картофеле способны переносить гороховая *Acyrtosiphon pisum* Haгг., гелихризовая *Brachycaudus helichrysi* Kalt., хмелевая *Phorodon humuli* Schrk. и черемухово-злаковая *Rhopalosiphum padi* L. тли [Дьяконов, 2000].

Тли хорошо переносятся воздушными потоками, поэтому даже при значительном удалении семеноводческих теплиц от посадок продовольственного картофеля или иных овощных культур остается высокой вероятностью заноса переносчиков вирусов, особенно в период миграций тлей. Поэтому наряду с системой тщательной изоляции от окружающей среды, карантинными мерами необходимо превентивное применение биоцидных средств защиты для уничтожения единичных особей вредителей, занос которых в теплицы неизбежен.

Существующие рекомендации по борьбе с вредителями на семенном картофеле предписывают проведение ре-

гулярных профилактических обработок системными пестицидами против тлей в течение всего периода вегетации культуры [Сухорученко и др., 2013]. Однако применение химического метода защиты от переносчиков вирусов в промышленных теплицах имеет серьезные негативные последствия. При круглогодичном выращивании картофеля в стабильном искусственном климате регулярные обработки инсектицидами значительно повышают риск формирования резистентности у насекомых-переносчиков по сравнению открытым грунтом, где вегетационный период ограничен, а погодные условия не столь благоприятны для тлей. Кроме того, высокая пестицидная нагрузка негативно влияет как на растения, так и на обслуживающий персонал, работающий в теплицах.

Очевидна необходимость создания экологически безопасной системы биологической защиты картофеля от насекомых-переносчиков вирусов в теплицах. Построение системы защиты невозможно без анализа механизмов биоценотической регуляции в искусственных экосистемах и оценки адаптаций насекомых-энтомофагов к современным технологиям тепличного растениеводства. Критерии отбора видов и популяций, а также отработка технологий их совместного применения с препаратами разного фитосанитарного назначения в составе системы защиты растений должны основываться на анализе жизненных стратегий энтомофагов, реализующихся в условиях промышленных теплиц, и выявлении адаптивных механизмов, за счет которых эти стратегии осуществляются.

Материалы и методы

При выработке критериев отбора энтомофагов для защиты безвирусного картофеля учитывали технологические особенности производства миниклубней на гидропонных установках «Картофельное Дерево» (КД-10 и КД-130).

Отбор энтомофагов потенциально пригодных для защиты безвирусного картофеля в теплицах проводили из коллекции лабораторных культур ВИЗР, адаптированных к массовому разведе-

дению, в том числе на заменителях природного корма. Для видов из сем. Coccinellidae проводили анализ пищевых связей с тлями, наиболее часто встречающимися в агроценозах картофеля.

В опытах по оценке репродуктивного потенциала перспективных видов коровок использовали лабораторные культуры из коллекции ВИЗР (табл. 1).

Таблица 1. Лабораторные культуры энтомофагов сем. Coccinellidae из коллекции ВИЗР

Вид	Происхождение лабораторной популяции	Лабораторная жертва для личинок
<i>Harmonia dimidiata</i>	Ю-Вост. Китай, 1990; Непал, 2013	злаковая тля, зерновая моль
<i>Harmonia axyridis</i>	Приморский край, 2012	злаковая тля, зерновая моль
<i>Cheilomenes sexmaculata</i>	Непал, 2013	злаковая тля, зерновая моль
<i>Cycloneda sanguinea limbifer</i>	Куба, 1972	злаковая тля
<i>Propylea 14-punctata</i>	Приморский край, 2012	злаковая тля

В качестве корма для жуков и личинок использовали обыкновенную злаковую тлю *Schizaphis graminum* Rond. и яйца зерновой моли *Sitotroga cerealella* Oliv., которые приклеивали при помощи меда на карточки из плотной бумаги.

Интегральный показатель репродукции коровок рассчитывали как произведение объема яйца на число овариол, деленное на массу самки.

Имаго взвешивали в течение суток после выхода из куколки. Использовали весы Vibra HT-80CE с точностью ±0.0001 г. До взвешивания жукам не давали воды и пищи. Объемы выборок по каждому из видов не менее 50 самок.

Объем яйца определяли по формуле эллипсоида вращения $LW^2\pi/6$, где L – длина яйца (мм), W – ширина яйца (мм). Измерения яиц проводили под микроскопом Zeiss Axiostar Plus. Объемы выборок по каждому из видов не менее 200 яиц.

Для определения числа овариол самок вскрывали под биноклем МБИ-11 в физиологическом растворе. Подсчитывали число яйцевых трубок в правом и левом яичниках в проходящем свете. Объемы выборок по каждому из видов не менее 20 вскрытых самок.

Ошибку тестированных показателей рассчитывали с помощью пакета статистических программ Statistica v.9.

Результаты и обсуждение

На культуре картофеля в теплицах необходимо создать систему долгосрочного превентивного биологического контроля, который обеспечит полное отсутствие вредителей. Стратегической задачей биологической защиты является стабилизация межвидовых взаимодействий в системе

триотрофа «растение-фитофаг-энтомофаг» [Павлюшин и др., 2001]. В тепличных агроценозах семенного картофеля наличие тлей и других переносчиков вирусов недопустимо. Следовательно, при построении системы биозащиты нам необходимо заменить в классическом триотрофе цен-

тральный элемент – фитофага. Вместо вредителей основным пищевым ресурсом для энтомофагов должны стать заменители природного корма, безвредные для растений картофеля. Подбор суррогатных кормов является важнейшим аспектом при создании системы защиты картофеля в теплицах.

Высокие требования к системе защиты картофеля в теплицах и анализ особенностей его возделывания по гидропонной технологии позволяет выделить ключевые характеристики агентов биологического контроля. Энтомофаги должны быть рентабельны при профилактической колонизации, так как превентивное использование средств защиты является единственным приемлемым вариантом контроля вредителей-переносчиков вирусов на картофеле. Пресс хищников и паразитов при отсутствии вредителей должен быть стабильным в течение всего производственного цикла (3–4 месяца) до получения семенных мини-клубней от пробирочных растений.

1. Специализированные хищники и паразиты (олиго и монофаги)

Наиболее эффективными агентами биологического контроля считаются специализированные энтомофаги – тлевые наездники (чаще всего используется *Aphidius colemani* Vier.) и галлица *Aphidoletes aphidimyza* Rond. Рассмотрим перспективы их превентивного использования в системе защиты безвирусного картофеля.

В отсутствие вредителя специализированные энтомофаги лишены своего основного преимущества — способности размножаться в теплице, что делает их столь эффективными в защите овощных культур [Красавина и др., 1999]. Поэтому при профилактической колонизации специализированных афидофагов для их сохранения в теплице используют растения-накопители – это пшеница, заселенная злаковой тлей, которая безвредна для защищаемых культур.

Широко используют растения-накопители на салатных линиях, которые технологически схожи с установкой «Картофельное дерево». Пшеницу высаживают непосредственно на гидропонную линию между защищаемыми растениями или в вегетационные сосуды по краю теплицы [Козлова, 2009]. Однако для использования этого высокоэффективного приема на культуре картофеля необходимо предварительно оценить риск переноса вирусов злаковой тлей.

По литературным данным в единичных случаях (5%) обыкновенная злаковая тля переносит Y-вирус картофеля [Halbert et al., 2003]. Если эти сведения подтвердятся, растения-накопители придется полностью исключить из технологии биологической защиты картофеля, и, как следствие, необходимо будет в 2–3 раза повысить нормы и кратность внесения галлицы и наездников для стабильного поддержания необходимой плотности имаго энтомофагов в теплице.

На этом сложности применения специализированных афидофагов на картофеле не ограничиваются. Следует отметить, что галлица и наездники отличаются значительной инерционностью биоцидного действия. В случае с галлицей – между моментом, когда самка, обнаружив тлю, отложит яйца, и моментом, когда вылупившиеся личики уничтожат тлю, должно пройти 2–3 дня в зависимости от температуры. Личинки галлицы с гарантией уничтожают

потомство тли-основательницы, но сама крылатая самка имеет возможность перелететь на другое растение и продолжить перенос вирусов.

Аналогично, паразитированная наездником тля погибает только через 5–7 дней. Хозяин продолжает питаться, при этом у него отмечается повышение двигательной активности. Считается, что миграцию тли из колонии может индуцировать сам паразит для того, чтобы избежать перезаражения другими наездниками [Chow, MacKauer, 1999]. В результате возрастает риск распространения вирусов по теплице зараженными тлями, что было выявлено при математическом моделировании процессов в системе «растение-вирус-переносчик-паразит» [Jeger et al., 2011]. Однако следует учитывать, что авторы проводили расчеты для соотношения паразит-хозяин 2:100. В теплицах на семенном картофеле ситуация предполагается совершенно иная: в соотношении паразит-хозяин наездники существенно преобладают над тлями, плотность которых стремится к нулю. Будут ли паразиты в данных условиях способствовать распространению вирусов – неизвестно.

Следует подчеркнуть основные качества наездников и галлицы, благодаря которым их следует считать весьма перспективными для применения в защите картофеля:

1) Массовые культуры этих энтомофагов высокотехнологичны в разведении. Поэтому их применение методом наводнения (массовые выпуски каждые 5–7 дней), вполне приемлемо с экономической точки зрения.

2) Имаго отличаются высокой поисковой и расселительной способностью, откладывают яйца при наличии единичных особей тли.

Эти качества весьма актуальны при использовании энтомофагов в системе защиты картофеля так как при его выращивании по гидропонной технологии доступ к растениям возможен только по периметру стеллажных установок, особенно при использовании КД-130 со значительной площадью рабочей зоны, не разделенной проходами. В этих условиях затруднен мониторинг и равномерное внесение энтомофагов по всей площади посадок. Высокая поисковая активность энтомофагов-специалистов может отчасти скомпенсировать низкую разрешающую способность методов фитосанитарного мониторинга на тепличных посадках картофеля.

2. Многоядные хищники (полифаги)

Учитывая все слабые стороны наездников и галлицы, очевидна необходимость усиления системы защиты картофеля энтомофагами, которые способны без промедления уничтожить первичный очаг заселения, не давая возможности тле оставить потомство или продолжить расселение по теплице. Данному требованию соответствуют такие хищники как кокцинеллиды, клопы-мириды, клопы-антокориды, златоглазки и др.

Многоядных хищников в отсутствие целевого вредителя можно подкармливать заменителями природного корма (яйца чешуекрылых, веслоногих раков, углеводные подкормки и другие адаптогены), что позволит энтомофагам сохраняться длительное время в теплицах и даже в некоторых случаях давать потомство [Белякова, Поликарпова, 2014].

Учитывая специфику поставленной задачи – защита меристемного картофеля – необходимо выяснить: 1) каковы будут взаимодействия многоядных хищников с безви-

русными растениями; 2) будет ли влиять присутствие данных энтомофагов в теплице на распространение вируса.

Известно, что клопы из сем. Miridae и Anthocoridae откладывают яйца в ткань растения. Слепняки помимо этого еще питаются растительным соком. Необходимо оценить возможность переноса вирусов картофеля хищными клопами. Пока ответа на данный вопрос у нас нет. Поэтому обсуждать перспективы применения клопов в защите картофеля преждевременно.

Коровки-афидофаги растения не повреждают, яйца откладывают на поверхность растений. Поэтому риск переноса вирусов самими энтомофагами близок к нулю. В отличие от наездников, коровка убивает тлю сразу, что исключает дальнейшее распространение вирусов. Однако, с нашей точки зрения, необходима оценка опосредованного воздействия хищников на миграционную активность тли. Есть сведения о том, что коровки выделяют вещества, отпугивающие крылатых самок. Тля избегает заселять растения со следами пребывания коровок [Ninkovic et al., 2013]. Это явление может иметь как положительный, так и негативный эффект на распространение вирусов тлями в теплице. Предварительные данные были получены в опытах на *Coccinella septempunctata* L., присутствие которой не оказало существенного влияния на распространение в теплице вируса скручивания листьев картофеля, переносимого персиковой тлей [Sewell et al., 1990].

Представители семейства Coccinellidae являются одними из наиболее подходящих кандидатов на усиление системы защиты семенного картофеля в теплицах. Поэтому мы начали скрининг коллекции энтомофагов ВИЗР с ревизии именно этой группы.

Из состава коллекции ВИЗР были выбраны 6 видов коровок-афидофагов: *Adalia bipunctata* L., *Ceilonenes sexmaculata* Fabr., *Cycloneda sanguinea limbifer* Casey, *H. axyridis* Pall., *Harmonia dimidiata* Fabr., *Propylea 14-punctata* L.

В качестве целевых жертв мы рассматривали наиболее распространенные и вредоносные виды тлей, которые встречаются во всех основных регионах возделывания семенного меристемного картофеля, а именно на Северо-Западе, в Татарстане, Северном Кавказе и Центральном регионе России, где расположены теплицы основных производителей миниклубней (табл.2).

Был проведен анализ пищевых связей коровок-афидофагов из коллекции ВИЗР, с тлями, которые наиболее часто встречаются в агроценозах картофеля. Были выделены виды, у которых в списках жертв отмечено наибольшее количество целевых видов тлей (табл. 3).

По пищевым связям, известным из литературных источников, мы выделили 6 видов, которые потенциально пригодны для защиты картофеля от тлей в теплицах:

- 1) *H. dimidiata* – субтропический вид из крупного размерного класса (вес имаго 50–80 мг);
- 2) *H. axyridis* – палеарктический вид из среднего размерного класса (вес имаго 20–30 мг);
- 3) *Ch. sexmaculata* и *C. sanguinea limbifer* – субтропические виды, *A. bipunctata* – палеарктический вид из мелкого размерного класса (вес имаго 10–18 мг)
- 4) *P. 14-punctata* – палеарктический вид из мелкого размерного класса (вес имаго 5–10 мг).

Все отобранные нами коровки питаются персиковой

Таблица 2. Виды тлей, наиболее часто встречающиеся в агроценозах картофеля

Вид тли	Регион								
	Краснодарский край	Северный Кавказ	Брянская область	Смоленская область	Калужская область	Северо-запад	Татарстан	Кемеровская область	Приморский край
<i>Acyrtosiphon pisum</i> Harris						×			
<i>Aphis fabae</i> Scopoli	×		×	×	×	×	×		×
<i>Aphis frangulae</i> Kalten.		×		×	×	×	×		×
<i>Aphis gossypii</i> Glover	×								×
<i>Aphis nasturtii</i> Kalten.	×	×	×	×	×	×	×	×	
<i>Aulacorthum solani</i> Kalten.	×	×	×		×		×	×	
<i>Brachycaudus helichrysi</i> Kalten.						×			
<i>Macrosiphum euphorbiae</i> Thomas	×		×			×	×		×
<i>Myzus persicae</i> Sulzer	×	×	×	×		×		×	×
<i>Rhopalosiphum padi</i> L.						×			
Ссылка на литературный источник	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Примечание: Серым цветом выделены виды, отмеченные авторами как отличающиеся высокой численностью.

Ссылки: 1 – Отчет ВНИИБЗР, 2014; 2 - Гериева и др., 2014; 3 - Молякко и др., 2012; 4 - Чехалкова, Новиков, 2011; 5 - Ульяненко, 2015; 6 - Берим, 2015; Мартынушкин, Зенькевич, 2006; Kozlov et al., 2003; 7 - Прищепко, 2013; 8 - Лапшинов, 2011; 9 - Плешакова, Козловская, 2015.

Таблица 3. Список целевых жертв коровок-афидофагов из коллекции ВИЗР

Вид тли	Вид коровки					
	<i>Harmonia dimidiata</i>	<i>Harmonia axyridis</i>	<i>Cycloneda sanguinea</i>	<i>Ceilonenes sexmaculata</i>	<i>Adalia bipunctata</i>	<i>Propylea 14-punctata</i>
<i>Acyrtosiphon pisum</i>	×	×	×	×	×	×
<i>Aphis fabae</i>	×	×	×	×	×	×
<i>Aphis frangulae</i> *		×				
<i>Aphis gossypii</i>	×	×	×	×	×	×
<i>Aphis nasturtii</i>	×	×		×	×	×
<i>Aulacorthum solani</i>				×	×	
<i>Brachycaudus helichrysi</i>		×		×	×	×
<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	×	×	×		×	×
<i>Myzus persicae</i>	×	×	×	×	×	×
<i>Rhopalosiphum padi</i>		×	×	×	×	
Ссылка на литературный источник	1	2	3	4	5	6

Примечание: * - *A. frangulae* является близкородственным видом *A. gossypii*. Многие авторы считают второй вид – подвидом *A. frangulae* (Cocuzza et al., 2008).

Ссылки: 1 - Семьянов, 2006; Chaudhary, Singh, 2012; www.nbaii.res; 2 – Vandereycken et al., 2012; Vandereycken et al., 2013; 3 - Gordon, 1985; Isikber, Copland, 2002; Valencia, Cardenas, 1973; 4 - Chaudhary, Singh, 2012; www.nbaii.res.in; 5 - Тюмасаева, 2013; Gordon, 1985; Hodek, Honěk, 1996; 6 - Тюмасаева, 2013; Gordon, 1985.

тлей – основным переносчиком вирусов. У 4-х видов в списке жертв отмечается 70–90% целевых видов тли (табл. 2). У *C. sanguinea* и *H. dimidiata* показатель ниже (60%). Следует отметить, что оба вида встречаются в агроценозах картофеля [Azeredo, 2000; Saljoqi et al., 2016]. Поэтому

мы считаем нецелесообразным исключать данные виды из числа перспективных энтомофагов для использования на картофеле в теплицах. В целом все отобранные виды коровок пригодны для дальнейшего тестирования.

Есть два основных способа применения коровок в биологической защите растений: 1) выпуск личинок II–III возраста; 2) выпуск половозрелых имаго. При профилактической колонизации оптимально использовать имаго коровок, так как для уничтожения единичных особей тли (как правило, это – крылатые самки расселительницы) необходима, прежде всего, высокая поисковая активность, в том числе способность к полету. Прожорливость энтомофага при профилактической колонизации вторична. Поэтому с экономической точки зрения рентабельнее выпускать имаго мелких коровок, массовое разведение которых требует меньше затрат материалов и времени [Белякова, Поликарпова, 2014].

Частота профилактических выпусков определяется продолжительностью жизни энтомофагов. Мелкие виды коровок, такие как *C. sanguinea limbifer* и *Ch. sexmaculata* на имагинальной стадии живут среднем 1–1.5 месяца, что в 5–10 раз дольше, чем галлица афидимиза и наездники.

Крупные и средние виды коровок оптимально использовать на стадии личинки, подобно тому, как это практикуют при выращивании салата. При дополнительных подкормках яйцами зерновой моли личинки окукливаются через 15–20 дней в зависимости от температуры. Этот срок определяет интервал между выпусками личинок коровок.

Личинки *H. dimidiata* и *H. axyridis* хорошо удерживаются на субстрате, что особенно важно для выживания на гидропонных стеллажных установках, где растения размещаются на высоте 1–1.2 м от бетонного пола теплицы. При падении на пол личинки, как правило, не могут вернуться на растения и гибнут. Наличие специальных волосков на лапках, присоска на абдоминальном сегменте и отсутствие dropping-эффекта (в случае опасности энтомофаг не падает с растения), все это обеспечивает личинкам *H. dimidiata* и *H. axyridis* надежное сцепление с субстратом. Данные морфоэкологические особенности обуславливают высокую эффективность коровок рода *Harmonia* в биологической защите зеленных культур на салатных линиях, которые, как уже отмечалось, сходны с гидропонными установками «Картофельное дерево».

На следующем этапе отбора оценивали биотехнологический потенциал перспективных видов коровок-афидофагов. Для первичной оценки отобрали 4 вида из разных

размерных классов. Поскольку плодовитость является чрезвычайно изменчивым показателем, виды сравнивали по интегральному показателю, который отражает производительность репродуктивной системы самки (см. Материалы и методы).

Как видно из рисунка, один из мелких видов – *Ch. sexmaculatus* по уровню репродукции весьма близок к наиболее крупному виду *H. dimidiata*, несмотря на существенную разницу (в 6 раз) по массе тела. Этот пример показывает, что по биотехнологическому потенциалу некоторые мелкие коровки не уступают крупным. Высокая способность к репродукции *Ch. sexmaculatus* является важнейшей предпосылкой для масштабирования его производства в объемах, необходимых для профилактической колонизации в теплицах.

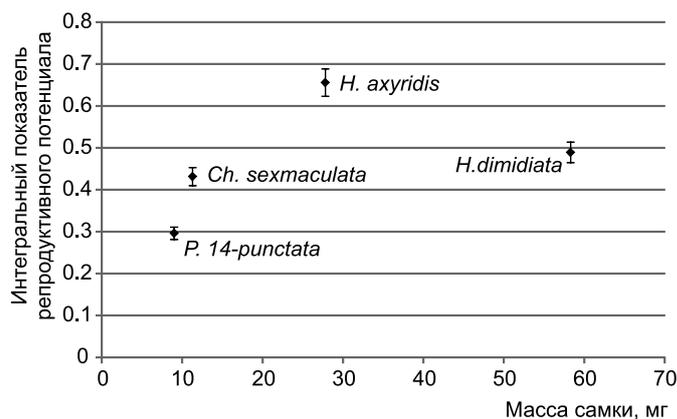


Рисунок. Репродуктивный потенциал коровок-афидофагов из разных размерных классов

Наибольшим репродуктивным потенциалом отличается *H. axyridis* (рис.). Однако, учитывая неоднозначное отношение экологов к акклиматизации данного энтомофага на европейской части РФ, мы рекомендуем использовать *H. axyridis* в пределах ее нативного ареала, прежде всего в Сибири, где располагаются крупные производители семенного картофеля и ведутся работы по маркер-ориентированной селекции.

По результатам первичного скрининга энтомофагов для защиты семенного картофеля можно рекомендовать следующий комплекс афидофагов: галлица *A. aphidimyza*, наездник *Aphidius colemani*, коровки *H. dimidiata* и *H. axyridis* для использования на стадии личинки, коровки *Ch. sexmaculatus*, *A. bipunctata*, *C. sanguinea limbifer*; *P. 14-punctata* для использования на стадии имаго.

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

Библиографический список (References)

- Анисимов Б.В. / Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / Б.В. Анисимов, Г.Л. Белов, Ю.А. Варичев, С.Н. Еланский, Г.К. Журомский, С.К. Завриев, В.Н. Зейрук, В.Г. Иванов, М.А. Кузнецова, М.П. Пляхневич, К.А. Пшеченков, Е.А. Симаков, Н.П. Скларова, З. Сташевский, А.И. Усков, И.М. Яшина. М.: Картофелевод, 2009. 272 с.
- Белякова Н.А. Энтомофаги в защищенном грунте: новые критерии отбора видов и особенности современных агротехнологий / Н.А. Белякова, Ю.Б. Поликарпова // Вестник защиты растений. 2014. N 3. С. 3–10.
- Берим М.Н. Тли на картофеле / М.Н. Берим // Защита картофеля 2015. N 2. С. 13–15.
- Гериева Ф.Т. Тли – переносчики вирусной инфекции семенного картофеля на Северном Кавказе / Ф.Т. Гериева, З.А. Болиева, С.С. Басиев // Защита и карантин растений. 2014. N12. С. 18–19.
- Красавина Л.П. Вредители и энтомофаги защищенного грунта / Г.И. Дорохова, В.С. Великань, Н.А. Белякова, Е.Г. Козлова. — Иллюстрированное пособие под редакцией В.А. Павлюшина. Санкт-Петербург, ВИЗР, 1999. 54 с.
- Дьяконов К.П. Насекомые как фактор распространения фитопатогенных вирусов на Дальнем Востоке России / К.П. Дьяконов // Чтения памяти А.И. Куренцова. 2000. вып. 11. С. 15–26.
- Козлова Е.Г. Энтомофаги в защите зеленных культур при возделывании на салатных линиях / Козлова Е.Г. // Защита и карантин растений. 2009. N 5. С. 23–25.
- Лапшинов Н.А. Распространение вирусной инфекции картофеля в зоне подтайги предгорий кемеровской области / Н.А. Лапшинов // Достижения науки и техники АПК. 2011. N 01. С. 32–34.
- Мартынушкин А.Н. Влияние обработок препаратами тиаметоксама на полезную энтомофауну и почвенную микрофауну картофельного агробиоценоза / А.Н. Мартынушкин, С.В. Зенькевич // Вестник защиты растений. 2006. N 3. С. 3–542.

- Моляво А.А. Вирусная инфекция при различных сроках удаления ботвы / А.А. Моляво, Ф.Е. Антощенко, В.Н. Свист, Л.И. Старко // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. N 2. С. 15–19.
- Отчет о результатах деятельности ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений за 2014 год, Краснодар, 2014, 110 с.
- Плешакова Т.И. Природные растительные комплексы как резервуары вирусов картофеля / Т.И. Плешакова, З.Н. Козловская // Конференция с международным участием «Регионы нового освоения: Современное состояние природных комплексов и вопросы их охраны», 11–14 октября 2015 г., Хабаровск: сб. материалов. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2015. С. 79–81.
- Павлюшин В.А. Использование энтомофагов в биологической защите растений в теплицах России / В.А. Павлюшин, К.Е. Воронин, Л.П. Красавина, Б.П. Асякин, В.А. Раздубурдин // Труды Русского энтомологического общества. 2001. Т. 72. С. 16.
- Прищепенко, Е.А. Влияние химических средств защиты и биологически активных веществ на снижение вирусной реинфекции семенного картофеля: автореф. дис. ... канд. сельскохозяйственных наук: 06.01.07 / Е.А. Прищепенко. Йошкар-Ола, 2013. 20 с.
- Семьянов В.П. Разведение, длительное хранение и применение тропических видов кокцинелл для борьбы с тлями в теплицах // В.П. Семьянов — Товарищество научных изданий КМК. Москва. 2006. 29 с.
- Сухорученко Г.И. Эффективность использования современных пестицидов для защиты семенных посадок картофеля от вредителей в Северо-Западном регионе РФ / Г.И. Сухорученко, Г.П. Иванова, Н.Р. Гончаров, О.В. Долженко, Н.И. Наумова // В сборнике: Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. СПб, 2013. С. 125–127.
- Тюмасева З.И. Кокцинеллиды Урала и сопредельных территорий [Текст]: монография / З.И. Тюмасева. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2013. 248 с.
- Ульяненко Л.Н. Интегрированная система защиты семенных посадок картофеля в Калужской области / Л.Н. Ульяненко, А.С. Филипас, Н.Р. Гончаров, П.С. Семешкина, Т.А. Амелюшкина, В.Н. Мазуров // Защита и карантин растений. 2015. N 1. С. 23–25.
- Чехалкова Л.К. Влияние пространственной изоляции и сроков удаления ботвы на выход и качество семенных клубней сортов картофеля разных групп спелости / Л.К. Чехалкова, С.В. Новиков // Достижения науки и техники АПК. 2011. N 3. С. 28–30.
- Яркулов Ф.Я. Экологические основы биологической защиты тепличных культур / Ф.Я. Яркулов, Н.А. Белякова // Защита и карантин растений. 2007. N 1. С. 19–22.
- Anonymous. 2014. *Cheilomenes sexmaculata* URL: <http://www.nbaii.res.in/Featured%20insects/Cheilomenes.htm> (14.07.2014).
- Anonymous. 2014. *Harmonia dimidiata* URL: http://www.nbaii.res.in/Featured%20insects/Harmonia_dimidiata.htm (14.07.2014).
- Azeredo E.H. Ocorrencia de *Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera: Coccinellidae) como Predadores de "Insetos-pragas", associados a Batatinha (*Solanum tuberosum* L.), no Município de Pinheiral-RJ / E.H. Azeredo, P.C.R. Cassino, A.G. Carvalho, E. Lima // Floresta e Ambiente. 2000. 7(1). P. 198–207.
- Chaudhary H.C. Records of the predators of aphids (Homoptera: Aphididae) in eastern Uttar Pradesh / H.C. Chaudhary, R. Singh // Journal of Aphidology. 2012. 25 & 26. P. 13–30.
- Chow A. Altered dispersal behaviour in parasitized aphids: parasitoid-mediated or pathology / A. Chow, M. MacKauer // Ecol. Entomol. 1999. 24. P. 276–283.
- Cocuzza G.E. Preliminary results in the taxonomy of the cryptic group *Aphis frangulae/gossypii* obtained from mitochondrial DNA sequence. / G.E. Cocuzza, V. Cavalieri, S. Barbagallo // Bulletin of Insectology. 2008. 61. P. 125–126.
- Gordon R.D. The Coccinellidae (Coleoptera) of America north of Mexico / R.D. Gordon // Journal of the New York Entomological Society. 1985. 83. P. 1–912.
- Halbert S.E. Potato virus Y transmission efficiency for some common aphids in Idaho / S.E. Halbert, D.L. Corsini, M.A. Wiebe // Amer J of Potato Res. 2003. 80. P. 87–91.
- Hodek I. / I. Hodek, A. Honek Ecology of Coccinellidae. Kluwer, Dordrecht, 1996, XVI, 464 p.
- Isikber A.A. Effects of various aphid foods on *Cycloneda sanguinea* / A.A. Isikber, M.J.W. Copland // Entomologia Experimentalis et Applicata, 2002, 102, P. 93–97.
- Jeger M.J. Interactions in a host plant-virus-vector-parasitoid system: Modelling the consequences for virus transmission and disease dynamics / M.J. Jeger, Z. Chen, G. Powell, S. Hodge, F. van den Bosch // Virus Research. 2011. 159(2). P.183–93.
- Kozlov L.P. The occurrence and strain structure of potato virus Y in NW Russia / L.P. Kozlov, T.A. Yakutkina, A.N. Sozonov // Crop Protection Workshop – Pests, diseases and weeds (St.Petersburg – Pushkin, October 28–29, 2003). Abstracts. – St.Petersbur– Pushkin, 2003, P. 26–27.
- Ninkovic V. Ladybird footprints induce aphid avoidance behavior / V.Ninkovic, Y. Feng, U. Olsson, J. Pettersson // Biological Control. 2013. 65. P. 63–71.
- Saljoqi A.U.R. Field evaluation of the varietal response towards *Myzus persicae* (Sulzer) and its associated natural enemies in potato crop / A.U.R. Saljoqi, I. Khurshid, A. Ali, K. Tariq, G. Naz // American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 2016. 16 (6). P. 1058–1065.
- Sewell G.H. The relationship between coccinellids and aphids in the spread of potato leafroll virus in a greenhouse / G.H. Sewell, R.H. Storch, F.E. Manzer, H.Y. Jr. Forsythe// American Potato Journal. 1990. 67. P. 865–868.
- Valencia L.V. Los afidos (Homoptera :Aphididae) del valle de Ica, sus plantas hospederas y enemigos naturales / L.V. Valencia, N. Cardenas // Rev. Per. Ent. 1973. 16(1). P. 6–14.
- Vandereycken A. Habitat diversity of the Multicolored Asian ladybeetle *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) in agricultural and arboreal ecosystems: a review / A. Vandereycken, D. Durieux, É. Joie, É. Haubruge, F. J. Verheggen // Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2012. 16(4). P. 553–563.
- Vandereycken A. Occurrence of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) in field crops / A. Vandereycken, Y. Brostaux, E. Joie, E. Haubruge, F. J. Verheggen // Eur. J. Entomol. 2013. 110(2). P. 285–292.

Translation of Russian References

- Anisimov B.V., Belov G.L., Varitsev Yu.A., Elanskii S.N., Zhuromskii G.K., Zavriev S.K., Zeiruk V.N., Ivanyuk V.G., Kuznetsova M.A., Plyakhnevich M.P., Pshechenkov K.A., Simakov E.A., Sklyarova N.P., Stashevski Z., Uskov A.I., Yashina I.M. Protection of potatoes from diseases, pests and weeds. Moscow: Kartofelevod, 2009. 272 p. (In Russian).
- Belyakova N.A., Polikarpova Yu.B. Entomophages in protected soil: new selection criteria of species and features of modern agrotechnologies. Vestnik zashchity rastenii. 2014. N 3. P. 3–10. (In Russian).
- Berim M.N. Aphids on potatoes. Zashchita kartofelya 2015. N 2. P.13–15. (In Russian).
- Chekhalkova L.K., Novikov S.V. Influence of spatial isolation and terms of removal of vegetable tops on yield and quality of seed tubers of potato grades of different ripeness groups. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2011. N 3. P. 28–30. (In Russian).
- Dyakonov K.P. Insects as a factor of spread of phytopathogenic viruses in the Far East of Russia. In: Chteniya pamyati A.I. Kurentsova. 2000. N 11. P. 15–26. (In Russian).
- Gerieva F.T., Bolieva Z.A., Basiev S.S. Aphids – vectors of viral infection of seed potatoes in the North Caucasus. Zashchita i karantin rastenii. 2014. N12. P. 18–19. (In Russian).
- Kozlova E.G. Entomophages in protection of green cultures at cultivation on salad lines. Zashchita i karantin rastenii. 2009. N 5. P. 23–25. (In Russian).
- Krasavina L.P., Dorokhova G.I., Velikan' V.S., Belyakova N.A., Kozlova E.G. Pests and entomophages of the protected soil. Illustrated manual. St. Petersburg: VIZR, 1999. 54 P. (In Russian).
- Lapshinov N.A. Spread of viral infection of potatoes in zone of sub-taiga of the foothills of Kemerovo region. In: Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2011. N 01. P. 32–34. (In Russian).
- Martynushkin A.N., Zenkevich S.V. Influence of treatments by Tiametoksam on useful entomofauna and soil microfauna of potato agrobiocenosis. Vestnik zashchity rastenii. 2006. N 3. P. 3–542. (In Russian).
- Molyavko A.A., Antoshchenko F.E., Svist V.N., Starko L.I. Viral infection at various terms of removal of vegetable tops. Vestnik Bryanskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2012. N 2. P. 15–19. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Voronin K.E., Krasavina L.P., Asyakin B.P., Razduburdin V.A. Use of entomophages in biological plant protection n greenhouses of Russia. In: Trudy Russkogo entomologicheskogo obshchestva. 2001. T. 72. P. 16. (In Russian).
- Pleshakova T.I., Kozlovskaya Z.N. Natural vegetable complexes as foci of potato viruses. In: Konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem «Regiony novogo osvoeniya: Sovremennoe sostoyanie prirodnykh kompleksov i voprosy ikh okhrany», 11–14 oktyabrya 2015 g., Khabarovsk: sb. materialov. Khabarovsk: IVEP DVO RAN, 2015. P. 79–81. (In Russian).

- Prishchepenko E.A. Influence of chemical protection means and biologically active agents on decrease in viral re-infection of seed potatoes. Avtoref. dis. ... kand. sel'skokhozyaistvennykh nauk. Ioshkar-Ola, 2013. 20 P. (In Russian).
- Report on results of activity of the All-Russian Institute of Biological Plant Protection for 2014. Krasnodar, 2014, 110 P. (In Russian).
- Semyanov V.P. Cultivation, long-term storage and application of tropical coccinellid species for control aphids in greenhouses. Moscow: KMK. 2006. 29 P. (In Russian).
- Sukhoruchenko G.I., Ivanova G.P., Goncharov N.R., Dolzhenko O.V., Naumova N.I. Efficiency of use of modern pesticides for protection of seed potatoes against pests in the Northwest region of the Russian Federation. In: Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyakh reformirovaniya sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. St. Petersburg, 2013. P. 125–127. (In Russian).
- Tyumaseva Z.I. Coccinellids of Ural and adjacent territories. Chelyabinsk: Izd-vo Chelyab. gos. ped. un-ta, 2013. 248 P. (In Russian).
- Ulyanenko L.N., Filipas A.S., Goncharov N.R., Semeshkina P.S., Amelyushkina T.A., Mazurov V.N. Integrated pest management of seed potato landings in the Kaluga region. Zashchita i karantin rastenii. 2015. N 1. P. 23–25. (In Russian).
- Yarkulov F.Ya., Belyakova N.A. Ecological bases of biological protection of hothouse cultures. Zashchita i karantin rastenii. 2007. N 1. P. 19–22. (In Russian).

Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 44–50

ENTOMOPHAGES FOR BIOLOGICAL CONTROL OF SEED POTATO AGAINST APHID VECTORS OF VIRUSES IN MODERN GREENHOUSES

N.A. Belyakova, Yu.B. Polikarpova

The basic screening criteria of entomophages were identified for improving their effectiveness in conditions of intensive cultivation of the virus-free potato in greenhouses. Based on the food relationships and morphological features, six species of ladybirds were selected from the VIZR collection, i.e. *Harmonia dimidiata* and *H. axyridis* for use on the larval stage, *Cheilomenes sexmaculatus*, *Adalia bipunctata*, *Cycloneda sanguinea limbifer* and *Propylea quatuordecimpunctata* for use on the adult stage.

Keywords: biological control; pest; Coccinellidae; hydroponic technology; plant growing; preventive colonization; reproductive potential.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
*Белякова Наталья Александровна. Зав. лабораторией, кандидат биологических наук, e-mail: belyakovana@yandex.ru
Поликарпова Юлия Борисовна. Научный сотрудник, e-mail: julia.polika@gmail.com

* Ответственный за переписку

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
*Belyakova Nataliya Aleksandrovna. Head of Laboratory, PhD in Biology, e-mail: belyakovana@yandex.ru
Polikarpova Yulia Borisovna. Senior Researcher, e-mail: julia.polika@gmail.com

* Responsible for correspondence

УДК 633.11:595.754

ТОПИЧЕСКАЯ СПЕЦИФИЧНОСТЬ ХЛЕБНЫХ КЛОПОВ И ПОВРЕЖДЕННОСТЬ ЗЕРНА РАЗНЫХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ

А.В. Капусткина

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург, Россия

Представлены результаты анализа топической специфичности вредной черепашки при питании на колосе и зерновках, анализа поврежденности зерна коллекционного материала и современных сортов пшеницы, включенных в государственный реестр селекционных достижений РФ, в основных зонах ее возделывания. В работе использованы методы инфракрасной микроскопии, компьютерного сканирования и методы диагностики поврежденности зерна разными видами хлебных клопов, разработанные в лаборатории энтомологии и иммунитета растений к вредителям ВИЗР. В результате исследований выявлена топическая приуроченность вредной черепашки к зоне среднего и нижнего ярусов колоса, определены иммунологически значимые параметры структур колоса, затрудняющие доступ клопов к получению полноценной пищи, необходимой для их жизнедеятельности. Выявлено, что слабо повреждаемые (0.1–0.3%) вредной черепашкой сорта характеризуются плотным (20–25 колосков на 10 см колосового стержня) колосом, имеющим грубые ости или остевидные отростки, овальные, яйцевидно-овальные и яйцевидные колосковые чешуи, охватывающие зерновку полностью и плотно прилегающие к ней. Установлено, что более 60% в исследуемом нами ассортименте составляют сорта, поврежденность зерна которых достигает 20% и более, в том числе содержание зерновок с повреждениями по 3 баллу составляет 10.1–15.0%, по 4 баллу – от 4.1 до 12.0% и выше, средневзвешенный балл – 0.75–1.5 и более. Выявлено, что степень поврежденности вредной черепашкой зерна, при возделывании пшеницы в севообороте по различным предшественникам, определяется её генотипом.

Ключевые слова: пшеница озимая и яровая, сорт, вредная черепашка и другие виды хлебных клопов, топическая специфичность, поврежденность зерна, предшественники, реактивность сортов.

Пшеница является одной из важнейших продовольственных культур, так как в ее зерне содержится большое количество ценных веществ необходимых для жизнедея-

тельности человека. В связи с этим вопрос о получении высококачественного зерна является главным для всех категорий хозяйств России. Основным фактором, опреде-

ляющим величину и качество урожая, является фитосанитарное состояние посевов. Ежегодные потери урожая зерновых культур в результате повреждений наносимых комплексом биотрофов оцениваются в России в 101.6 млн т, в том числе потери урожая от вредителей составляют 27.4 млн т [Мельников, Новожилов, Белан, 1995; Глинушкин А.П., 2009]. При этом особое значение имеет контроль качества зерна при его использовании на семенные цели. Одной из причин снижения количества и качества урожая хлебных злаков в основных зерносеющих регионах страны является повреждение зерна клопами-черепашками сем. *Scutelleridae*. Среди клопов этого семейства особое экономическое значение в снижении производства зерна и ухудшении его качеств имеет вредная черепашка *Eurygaster integriceps* Put.

Имаго и личинки клопа связаны с зерновыми злаками на протяжении всего вегетационного периода растений. Повреждения, наносимые клопами, разнообразны как по своему характеру, так и по последствиям. Основным «инструментом» процесса питания и пищеварения вредной черепашки и одним из главных факторов воздействия на растение являются гидролазы, вводимые вредителем в зону питания и способные расщеплять основные биополимеры растений – белки, углеводы, липиды. Это приводит резкому ухудшению товарных, технологических, хлебопекарных и посевных свойств зерна [Вилкова, 1980; Critchley, 1998; Вилкова, Нефедова, 2007; Капусткина, 2011; Павлюшин и др., 2008, 2015]. Известно, что свыше пяти 5 млн т поврежденного вредной черепашкой зерна переводят из продовольственного в разряд фуражного [Захаренко, Захаренко, 2005].

В последнее десятилетие в основных зерносеющих регионах России отмечается рост численности и вре-

доносности популяции вредной черепашки, несмотря на возрастающие масштабы применения защитных мероприятий против клопов. Ежегодно вредитель заселяет 6442.74–7114.9 тыс. га посевов пшеницы, в т.ч. выше экономического порога вредоносности до 4915.5 тыс. га [Говоров, Живых и др., 2013, 2015; Фоменко, Грабовец, Мельникова, 2015]. В многочисленных работах, посвященных вредной черепашке, перечисляется комплекс профилактических мероприятий и методов борьбы с ней, но только системный интегрированный подход к совместному использованию организационно-хозяйственных мероприятий, устойчивых высокопродуктивных сортов, агротехнических приемов, биологических и химических средств защиты позволяет уменьшить вредоносность клопов и обеспечивает стабильные прибавки урожая.

Вредоносность насекомых это результат сложных взаимоотношений насекомых-фитофагов и их кормовых растений в агроэкосистемах, в частности вредной черепашки и пшеницы. Важную роль в этих взаимоотношениях имеет характер воздействия вредителя на жизнедеятельность растений. Сложность изучения взаимосвязей в биологической системе «вредная черепашка-пшеница», особенностей структуры её вреда в онтогенезе пшеницы требуют дальнейших исследований, связанных с совершенствованием селекционного процесса и зональных систем интегрированной защиты растений. В связи с этим основной целью работы является анализ особенностей топической специфичности клопов и степени поврежденности зерна разных сортов озимой и яровой пшеницы при их возделывании в севообороте по различным предшественникам в основных зонах выращивания – Краснодарском, Ставропольском и Алтайском краях, Ростовской, Саратовской, Волгоградской, Тамбовской и Курганской областях РФ.

Материалы и методы.

При выполнении экспериментальной работы было использовано зерно пшеницы коллекционных, селекционных образцов, а также зерно производственных партий и партий переходящего семенного фонда. Исследования проводились на 131 образцах пшеницы, включая 79 сорта озимой и яровой пшеницы, и 52 образцах озимой пшеницы из мировой коллекции ВИР (2002–2015 гг.). Среди них 48 генотипов пшеницы выращивались по следующим предшественникам – озимой пшенице, кукурузе на силос, пропашным культурам и чистому пару. Дифференциацию по степени поврежденности проводили по 5 балльной шкале, разработанной в лаборатории энтомологии и иммунитета растений к вредителям ВИЗР. При этом повреждения, оцениваемые 1–2 баллами, занимают не более 1/4–1/5 части зерновки. При

повреждении зерновок по 3–4 баллам зона питания клопов увеличивается и охватывает более 1/3 спинки и бочков эндосперма. При повреждении по 5 баллу вся зерновка грубо деформирована.

Изучение особенностей топической специфичности клопов при питании на колосе и зерновках разных сортов пшеницы проводилось при помощи диагностических методов, разработанных в лаборатории энтомологии и иммунитета растений к вредителям ВИЗР с использованием инфракрасной микроскопии и компьютерного сканирования (Патент № 2278502). Особенности архитектоники колоса (длина, плотность, остистость, форма колосковых и цветковых чешуй, плотность их прилегания к зерновке, количество колосков и др.) оценивали в соответствии с общепринятыми селекционными методами.

Результаты исследований.

Особенности локализации повреждений клопов на колосе и зерновках пшеницы. В литературе, посвященной описанию вредоносности вредной черепашки, имеются лишь фрагментарные сведения о локализации мест питания клопов на различных частях колоса. По данным наших исследований у клопов разных видов обнаруживаются четко выраженные видовые различия в избирательности различных частей колоса и зерновок пшеницы, обуславливающие возможности добывания пищи [Капусткина, Нефедова, 2008].

Известно, что колос зерновых злаков представляет собой сложный орган, состоящий из простых соцветий и соплодий – колосков. Колоски расположены в выемках

колосового стержня двурядно. Каждый колосок окружен колосковыми чешуями. Цветки, находящиеся в колоске и сформировавшиеся в них зерновки, защищены двумя цветочными чешуями (наружной и внутренней). Наружная цветочная чешуя довольно крупная, выпукло-вогнутая, может образовывать ости или остевидные отростки. Внутренняя чешуя пленчатая, почти плоская, по своим размерам равна наружной, или несколько меньше ее. Особенности строения колоса и его метамерных частей определяют возможности проникновения клопов и других видов биотрофов к зерновкам. Выбор места для питания на колосе для клопов является сложным поведенческим актом. Необходимость последовательного преодоления целого ряда

механических барьеров на пути к зерновке (колосковые и цветочные чешуи, покровные ткани самой зерновки) обусловило особенности пищевого поведения и топической специфичности разных видов хлебных клопов.

Топическая приуроченность вредной черепашки, связанная с особенностями архитектуры колоса пшеницы, является наименее изученной. Проведенные нами исследования показали, что вредная черепашка при выборе мест питания на колосе предпочитает колоски определен-

ного яруса в связи с разнокачественностью их структур в пределах разных ярусов (рис. 1). Так, для 64% из анализируемых 25 сортов озимой пшеницы характерно преимущественное расположение укулов клопов на колосковых, цветочных чешуях и зерновках колосков среднего и нижнего ярусов колоса. В то же время на сильно повреждаемых сортах (Кума, Актер, Зерноградка 11, Краснодарская 99 и др.) укулы вредной черепашкой отмечены на чешуях колосков по всему колосу.

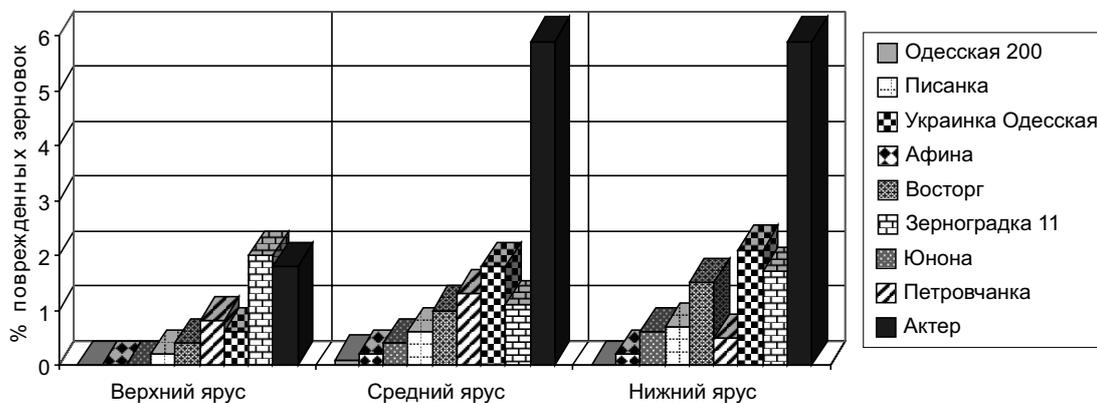


Рис. 1. Распределение зерновок, поврежденных вредной черепашкой, по ярусам колоса у озимой пшеницы

Такая топическая приуроченность вредителя обусловлена одновременной и разнокачественной закладкой морфологических структур колосков и зерновок, формированием и их дифференциацией, т.е. возможностью более длительного периода питания вредителя на этих сортах. Выявлено, что у большинства анализируемых образцов пшеницы наибольшее число поврежденных зерновок в колосках преимущественно отмечено в среднем и нижнем ярусах колоса, что и определяет высокую вредоносность клопов, поскольку зерно из этих ярусов колоса составляет основную часть урожая пшеницы. У слабо повреждаемых сортов (Баир, Юнона и др.) отмечено преобладание поврежденных зерновок в среднем ярусе (до 36.7%) и верхнем ярусе (до 45.0%). У сильно повреждаемых клопами сортов (Велютинум 1, Донская полукарликовая и др.) поврежденные зерновки располагались преимущественно в среднем и нижнем ярусах колоса, суммарно их количество составляло 76% от общего числа поврежденных зерен.

В результате анализа морфометрических параметров строения колоса выявлено, что слабо повреждаемые (0.1–0.3%) вредной черепашкой сорта Северодонецкая юбилейная, Одесская 200, Ростовчанка 3, Есаул характеризуются плотным (20–25 колосков на 10 см колосового стержня) колосом, имеющим грубые ости или остевидные отростки, овальные, яйцевидно-овальные и яйцевидные колосковые чешуи, охватывающие зерновку полностью и плотно прилегающие к ней. Такое строение колоса затрудняет доступ клопов к получению полноценной пищи, необходимой для их жизнедеятельности.

Особенности локализации мест питания клопов на зерновке могут служить одним из признаков при диагностике зерна поврежденного различными видами хлебных клопов. У зерновок злаков различают основание, т.е. ту часть плода, где расположен зародыш и вершину – часть, противоположную основанию. Вершинная часть зерновки часто имеет «волоски», которые образуют так называемый «хохол». Сторона, на которой расположен зародыш, называется спинкой, а противоположная ей – брюшком. На

брюшке имеется бороздка, образовавшаяся в месте срастания плодолистиков. Зерновка со стороны спинки прикрыта наружной (нижней) цветочной чешуей. Задняя – брюшная сторона зерновки обращена к внутренней (верхней) цветочной чешуе. Зародыш, благодаря наличию целой системы покровных тканей и особенностям расположения зерновок в колосках, хорошо защищен от повреждений клопами. Зерновки в колоске чаще всего располагаются таким образом, что брюшная их сторона бывает менее доступной для повреждений клопами, чем спинка.

В литературе имеются сведения, что вредная черепашка наиболее часто располагает укулы в базальной части зерновки, в то время как в апикальной ее части они обнаруживаются сравнительно редко [Борщова и др., 1971; Вилкова, Шапиро, 1978]. Наибольшее число укулов приходится на спинку и боковые стороны зерновки. При этом на наружном бочке зона максимального числа укулов располагается несколько выше, чем на внутреннем бочке. На брюшной части зерновки укулы, как правило, отсутствуют. Практически не повреждается клопами рода *Eurygaster* и зародыш. Предпочтение клопами зерновок с боковой стороны и со стороны спинки связано с более слабой защитой этих зон чешуями колосков. Расположение зародыша у основания колосков обеспечивает его защиту наиболее толстыми и выпуклыми частями колосковых и цветочных чешуй. Известную защитную роль от повреждений клопами играет и зазор, образующийся между чешуями колоса, плотность их прилегания к зерновке и опущенность вершинной части зерновки.

Проведенные нами исследования топографии укулов вредной черепашки на зерновках показали, что повреждения, локализованные в призародышевой зоне эндосперма, являются наиболее травматичными и вызывают нарушение процессов дифференциации зачаточного конуса нарастания при прорастании, что сопровождается снижением посевных качеств семян и в дальнейшем отражается на росте и развитии растений. Показано, что с возрастанием степени поврежденности зерна клопами происходит

увеличение числа зерновок с наиболее вредоносными типами травм от 58.7% до 95.1%. Частота встречаемости зерновок с такими травмами у сильно повреждаемых образцов достигает 92.0–95.1%.

В то же время архитектура колоса служит одним из важнейших признаков видов и внутривидовой систематики злаков, и по данным наших исследований определяет характер и степень поврежденности зерновок клопами. Установлено, что образцы пшеницы, характеризующиеся плотным колосом цилиндрической формы, остистостью, опушенностью чешуй по войлочному типу, имеющие овально-яйцевидные колосковые чешуи плотно прилегающих к зерновке, в меньшей степени (от 0 до 10%) повреждались вредной черепашкой. Генотипы пшеницы, имеющие безостый неопушенный рыхлый колос и ланцетовидные колосковые чешуи, сильнее (от 50 до 100%) повреждались вредной черепашкой (рис. 2).

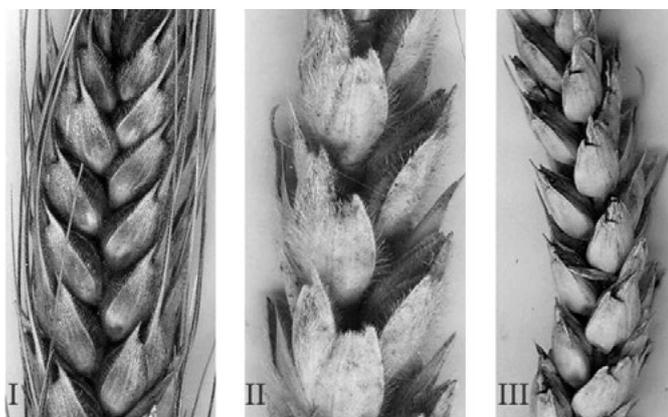


Рис. 2. Особенности архитектуры колоса селекционных образцов озимой пшеницы, поврежденных вредной черепашкой:

I – Слабо повреждаемый (№56599) – плотный колос бархатисто-шерстистый тип опушения; II – Средне повреждаемый (Аруана № 60688) – рыхлый колос, мохнато-волнистый тип опушения; III – Сильно повреждаемый (Delos № 57290) – рыхлый колос, без опушения

Как видно из выше изложенного, выбор мест питания на репродуктивных органах пшеницы определяется особенностями архитектуры колоса – его формы, плотности, особенностей строения метамерных структур и ярусного расположения колосков, ограничивающих вредоносность клопов.

Поврежденность зерна озимой и яровой пшеницы вредной черепашкой в основных зонах их возделывания.

На основе статистического анализа показателей поврежденности зерна клопами исследуемые генотипы пшеницы были разделены на 3 группы: слабо, средне и сильно повреждаемые вредителем, степень достоверности различий которых находится на уровне значимости 0.1%.

Первую группу составляют сорта, поврежденность которых не превышает 10%, в том числе содержание в пробах зерновок с интенсивностью повреждения по 3 баллу не более 3%, по 4 баллу до 1.5%, средневзвешенный балл – 0.04–0.3. Однако следует заметить, что показатель поврежденности зерна сортов пшеницы, входящих в эту группу, выше принятого экономического порога вредоносности (ЭПВ-5%). Представленность сортов этой группы в среднем по исследуемым зонам составляла 13.8%, в том числе в Ростовской области 23.5%, в Краснодарском крае 26.1%, в Тамбовской области – 33.3% (табл. 1).

Более 60% в исследуемом сортовом разнообразии составляют сорта, поврежденность зерна которых достигает 20% и более, в том числе содержание зерновок с интенсивностью повреждения по 3 баллу составляет 10.1–15.0%, по 4 баллу – от 4.1 до 12.0% и выше, средневзвешенный балл – 0.75–1.5 и более. В качестве примера можно привести ряд широко распространенных в Северо-Кавказском регионе сортов озимой пшеницы – Зерноградка 9 (22.0%), Подарок Дона (24.5%), Донская безостая (26.5%), Дока (26.4%), Росинка тарасовская (27.2%), Москвич (28.2%), Прикумская 141 и Победа 50 (от 25.4 до 25.8%); Юбилейная 100, Батько (от 27.2 до 28.2%); Гарант (30.8%), Ермак (30.8%), Стрижамент, Пал Пич (от 32.2 до 38.8%), Красота (17.8–33.8%), Краснодарская 99 (34.4–49.8%), Юка (35.8%), Донской маяк (от 35.4% до 57.2%), Фортуна (36.0%), Дельта (41.4%), Украинка Одесская (41.4–44.8%), Памяти Калиненко (43.8%), Русса (44.8%), Зерноградка (48.2%), Безостая 1 (52.5%), Зимородок (53.0%), Миллениум (53.4%), Княжна (57.4%), Крошка (53.8%), Сила (68.2%), Краснодарская 38 (71.4%), и др.

Сильная поврежденность зерновок клопами (50–59.4%) была отмечена у сортов озимой пшеницы Левобережная 1 и Джангаль и сорта яровой пшеницы Саратовская 55, поврежденность зерна которого в Саратовской области достигала 64.8% при средневзвешенном балле 1.3. В Алтайском крае наиболее сильно хлебными клопа-

Таблица 1. Поврежденность зерна пшеницы вредной черепашкой в основных зонах ее возделывания (2002–2015 гг.)

Область, край РФ	Поврежденность зерна, %	Средневзвешенный балл повреждений	Распределение сортов по степени поврежденности зерновок клопами, %		
			слабо поврежденные (до 10%)	средне поврежденные (10–20%)	сильно поврежденные (более 20%)
Ростовская область	21.5	0.8	23.5	29.4	47.1
Тамбовская область	29.8	0.7	33.3	0	66.7
Волгоградская область	31.8	0.9	0	50.0	50.0
Саратовская область	45.3	1.1	0	16.7	83.3
Курганская область	14.2	0.2	0	100	0
Ставропольский край	21.3	0.7	0	51.8	48.2
Краснодарский край	35.0	0.9	26.1	8.7	65.2
Алтайский край*	12.5	0.4	66.6	16.7	16.7
В среднем:	26.5	0.7	18.7	34.1	47.2

Примечание: Различия между группами находится на уровне значимости 0.1%

*- В Алтайском крае, помимо вредной черепашки, на посевах пшеницы были отмечены *Eurygaster maura* L. и *E. testudinaria* Geoffr.

ми повреждались сорта яровой пшеницы Алтайская 325 (до 18.62%), Алтайская (26.6%), Алейская (37.5%).

Среди рассмотренного ассортимента генотипов пшеницы выделен ряд современных сортов селекции КНИИ-ИСХ, повреждаемых вредной черепашкой в меньшей степени: Подарок Дона (1.4%), Утриш (4.4%), Девиз (4.4%), Станичная (6.8–10.2%), Селянка (6.8%), Восторг (7.2%), Курень (8.8%), Лебедь (10.2%), Иришка (до 13.0%), и др. Среди сортов яровой пшеницы селекции Алтайского НИИ-ИСХ – Алтайская 70, Алтайская 75, Степная нива поврежденность зерна хлебными клопами не превышала 10%.

Оптимизация путей получения высоких урожаев пшеницы при максимальном снижении энергетических, трудовых и денежных затрат на получение единицы продукции должна включать технологии получения здоровых растений оптимальной густоты, соблюдение чередования культур в севообороте с учетом применения оптимальных предшественников и оперативную защиту посевов пестицидами при численности фитофагов выше экономического порога вредоносности (ЭПВ). Это предусматривает защиту агроэкосистем с преимущественным использованием нехимических средств, в том числе устойчивых сортов, соблюдение организационно-хозяйственных и агротехнических приемов, создающих оптимальный агрономический фон, который будет максимально способствовать ограничению численности и вредоносности биотрофов [Шапиро, 1988; Павлюшин и др., 2008, 2015].

Особенности поврежденности клопами разных сортов пшеницы отражают их реактивность на воздействие различных абиотических и биотических, в том числе и антропогенных факторов, включая современные технологии возделывания зерновых культур в различных природно-климатических зонах РФ. Изучение реактивности разных сортов пшеницы на воздействие антропогенных факторов должно основываться на глубоких знаниях физиологии защищаемых растений, связанных со сложным комплексом скоординированной последовательности метаболических и морфофункциональных изменений в формировании вегетативных и репродуктивных органов в онтогенезе растений, определяющих биотический потенциал и уровень жизнеспособности консументов.

В производственных условиях степень поврежденности зерна пшеницы во многом зависит от применения различных агротехнических приемов и средств химической защиты растений. В результате многолетнего направленного сбора информации нами была создана и ежегодно пополняется база данных о характере и степени поврежденности хлебными клопами зерна озимой и яровой пшеницы в разных природно-климатических зонах РФ, в которой имеются сведения о применяемых на посевах агротехнических приемах, в частности о предшественниках, по которым высевалась пшеница.

Известно, что пшеница более требовательна к предшественникам, чем другие зерновые культуры. Предшественники должны обеспечивать оптимальный агрономический фон, на котором формируются полноценные растения, характеризующиеся развитой корневой системой и вегетативной массой. При этом следует учитывать, что пищевая привлекательность растений для питания клопов зависит от физиолого-биохимических особенностей предшественника. Почва после предшественников должна иметь мелко-комковатую структуру и оптимальное увлажнение, содержать в достаточном количестве в доступной форме для растений питательные вещества – азот, фосфор, калий, кальций, магний и др.

Анализ степени поврежденности зерна клопами, проведенный на основе информационной базы данных, показал разную реактивность сортов озимой и яровой пшеницы на воздействие предшественников (табл. 2). Средняя поврежденность зерна разных сортов озимой пшеницы при посеве после озимой пшеницы колебалась от 4.4% (сорт Утриш) до 64.1% (сорт Сила); по кукурузе на силос от 5.9% (сорт Адель) до 33.9% (сорт Гром); по пропашным культурам от 33% до 38%. Сорта с высокой поврежденностью зерна клопами Гром (33.9%) и Сила (64.1%) при их размещении по кукурузе на силос и озимой пшенице характеризуются разной нормой реактивности, как положительной, так и отрицательной.

Сорта Москвич и Фортуна, имеющие среднюю поврежденность зерна клопами 33.1% и 38.4%, при их размещении по пропашным культурам по-разному реагируют на воздействие этих предшественников. Так, поврежден-

Таблица 2. Влияние предшественников на поврежденность вредной черепашкой зерна разных сортов пшеницы

Сорт	Предшественники	Поврежденность зерна, %		
		средняя	фактическая	отклонения от средней поврежденности
Озимая пшеница				
Утриш	Озимая пшеница	4.4	4.0	- 0.4
Станичная	- « -	10.2	6.8	- 3.4
Гром	- « -	33.9	25.7	- 8.2
Сила	- « -	64.1	68.2	+ 4.1
Адель	Кукуруза на силос	5.9	5.9	0
Вершина	- « -	20.4	9.0	- 11.4
Гром	- « -	33.9	53.3	+ 19.4
Фортуна	Пропашные культуры	38.4	39.6	+ 1.2
Москвич	- « -	33.1	19.2	- 13.9
Яровая пшеница				
Степная нива	Чистый пар	8.5	6.6	- 1.9
Алтайская 70	- « -	7.0	7.8	+ 0.8
Алтайская 75	- « -	10.4	9.3	0
Алтайская жница	- « -	9.4	9.4	0

Примечание: Различия между группами предшественников по критерию Стьюдента достоверны на 95% уровне.

ность зерна сорта Фортуна при размещении пшеницы по этим предшественникам практически не отличается от средних значений этого показателя и составляет 39.6%. У сорта Москвич прослеживается тенденция к снижению поврежденности зерна на 13.9%. Выявлено, что в условиях Алтайского края при размещении яровой пшеницы по чистому пару как средняя поврежденность зерновок клопами, так и отклонения от средних значений этого показателя у разных сортов были незначительными. Чистый пар является оптимальным предшественником для яровой пшеницы в засушливых почвенно-климатических условиях Алтая. Это связано с тем, что чистый пар способствует сохранению оптимальной увлажненности почвы, необходимой для развития более мощной корневой системы, обеспечивающей растения питательными веществами для их полноценного развития.

Таким образом, размах изменений показателей реактивности разных сортов озимой и яровой пшеницы, выращиваемых по разным предшественникам на воздействие клопов, прежде всего, определяется генотипом пшеницы и зависит от характера и степени их поврежденности зерновок клопами.

Заключение. Изучение особенностей проявления вредоносности опасных экономически значимых видов фитофагов – супердоминантов, к которым относится вредная черепашка, вызвано необходимостью использования в сельскохозяйственном производстве экологически безо-

пасных приемов агротехники, устойчивых сортов и химической защиты. Известно, что посев каждого из сортов и их сортовая агротехника, в том числе предшественники и другие факторы, создают специфический микроклимат, определяющий разную степень привлечения фитофагов, разные условия их питания и проявления вредоносности. В результате работы выявлена топическая приуроченность клопов при питании на колосе и зерновках разных сортов пшеницы. Показано, что архитектура колоса, в частности, его форма, остистость или безостость, выраженность опушенности его частей, строение колосков, колосковых и цветочных чешуй определяют характер и степень поврежденности зерновок клопами.

Выявлено, что поврежденность зерна вредной черепашкой, особенности проявления реактивности разных сортов пшеницы на воздействие предшественников определяются генотипом пшеницы. Следует отметить, что реакция слабо повреждаемых сортов на изменение экологических условий в посевах пшеницы выражена значительно слабее по сравнению с сортами, сильно повреждаемыми вредной черепашкой. Это свидетельствует о том, что менее повреждаемые сорта, обладая генетически детерминированной стабильностью проявления защитно-компенсаторных механизмов на воздействие некоторых предшественников, характеризуются более высокой степенью проявления адаптивных реакций иммуногенетической системы пшеницы в ответ на повреждения клопов.

Библиографический список (References)

- Борщова Т.А. Инфракрасная микроскопия на службе защиты растений / Т.А. Борщова, Н.А. Вилкова, И.Д. Шапиро, М.В. Гирина, М.А. Мишина // Вестник сельскохозяйственных наук. 1971. Т. 3. С. 127–129.
- Вилкова Н.А. Использование инфракрасной микроскопии для диагностики повреждения и устойчивости зерновок к клопам / Н.А. Вилкова, И.Д. Шапиро // Итог исследований по устойчивости растений к вредителям. СЭВ. Корд. центр. Познань. 1978. С. 78–97.
- Вилкова Н.А. Способы оценки поврежденности зерна пшеницы вредной черепашкой / Н.А. Вилкова, Л.И. Нефедова // III международный конгресс Зерно и хлеб России. СПб. 2007. С. 117–118.
- Вилкова Н.А. Физиологические основы теории устойчивости растений к насекомым. Автореф. док. дис. Л. 1980. 48 с.
- Глинушкин А.П. Эффективность применения средств защиты растений технологии возделывания яровой мягкой пшеницы / А.П. Глинушкин // [Электронный ресурс]: Научная электронная библиотека «Киберленка». URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-sredstv-zaschity-v-tehnologiyah-vozdelevaniya-yarovoy-myagkoy-pshenitsy> (дата обращения: 8.12.2015).
- Захаренко В.А. Экономика аспекта применения пестицидов в современном земледелии России / В.А. Захаренко, А.В. Захаренко // Российский химический журнал. 2005. Т. XLIX. N 3. С. 55–63.
- Капусткина А.В. Особенности топической специфичности вредной черепашки при питании на репродуктивных органах современных сортов озимой пшеницы / А.В. Капусткина, Л.И. Нефедова // Вестник защиты растений. СПб. 2008. N 4. С. 12–21.
- Капусткина А.В. Проявление вредоносности вредной черепашки при повреждении семенного зерна пшеницы / А.В. Капусткина // Автореф. дис. канд. биол. наук. СПб. – Пушкин. 2011. 20 с.
- Мельников Н.Н. Пестициды и регуляторы роста растений / Н.Н. Мельников, К.В. Новожилов, С.Р. Белан // Химия. 1995. 576 с.
- Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2012 году и прогноз развития вредных объектов в 2013 году / Д.Н. Говоров, А.В. Живых, Н.В. Ипатова, А.С. Имбрюмова, Е.С. Новоселов, М.Ю. Проскурякова, О.Г. Матвеева, Е.В. Бородин // М.: МСХ РФ, ФГБУ Российский сельскохозяйственный центр. 2013. С. 80–81.
- Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2014 году и прогноз развития вредных объектов в 2015 году / Д.Н. Говоров, А.В. Живых, Н.В. Ипатова, М.Ю. Проскурякова, Е.С. Новоселов, А.А. Шабельников, С.Г. Габбасова, Н.А. Ершова // М.: МСХ РФ, ФГБУ Российский сельскохозяйственный центр. 2014. С. 102–119.
- Павлюшин В.А. Антропогенная трансформация агроэкосистем и ее фитосанитарные последствия / В.А. Павлюшин, С.Р. Фасулати, Н.А. Вилкова, Г.И. Сухорученко, Л.И. Нефедова // СПб: ВИЗР. 2008. 120 с.
- Павлюшин В.А. Вредная черепашка и другие хлебные клопы / В.А. Павлюшин, Н.А. Вилкова, Г.И. Сухорученко, Л.И. Нефедова, А.В. Капусткина // СПб. 2015. 280 с.
- Фоменко М.А. Особенности селекции озимой мягкой пшеницы по нейтрализации воздействия фермента клопа - вредная черепашка на качество зерна / М.А. Фоменко, А.И. Грабовец, О.В. Мельникова // [Электронный ресурс]: Научная электронная библиотека «Киберленка». URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-selektcii-ozimoy-myagkoy-pshenitsy-po-neytralizatsii-vozdeystviya-fermenta-klopa-vrednaya-cherepashka-na-kachestvo-zerna> (дата обращения: 15.12.2015).
- Шапиро И.Д. Экологические основы защиты растений от вредителей при возделывании сельскохозяйственных культур по интенсивной технологии на примере зерновых и зернобобовых культур / И.Д. Шапиро // Л.: Лен. СХИ. 1988. 73 с.
- Critchley Brian R. Literature review of sunn pest *Eurygaster integriceps* Put. (Hemiptera, Scutelleridae) / Brian R. Critchley // Научная электронная библиотека Science Direct. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219498000222> (дата обращения: 20.12. 2015).

Translation of Russian References

- Borshchev T.A., Vilkova N.A., Shapiro I.D., Grishina M.V., Mishina M.A. Infrared microscopy in the service of plant protection.. Vestnik sel'skhozyaistvennykh nauk. 1971. N. 3. P. 127–129. (In Russian).
- Fomenko M.A., Grabovets A.I., Melnikova O.V. Peculiarities of selection of winter wheat to neutralize the effects of the sunn pest enzyme on grain quality. [Electronic resource]: Scientific Electronic Library «Cyberleninka». URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-selektcii-ozimoy-myagkoy-pshenitsy-po-neytralizatsii-vozdeystviya-fermenta-klopa-vrednaya-cherepashka-na-kachestvo-zerna> (date of access 15.12.2015). (In Russian).
- Glinushkin A.P. Efficiency of application of plant protection means in technology of cultivation of spring-sown soft wheat. [Electronic resource]:

- Scientific electronic library «Cyberleninka». URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-sredstv-zaschity-v-tehnologiyah-vozdelyvaniya-yarovoy-myagkoy-pshenitsy> (date of access: 8.12.2015). (In Russian).
- Govorov D.N., Zhiviykh A.V., Ipatova N.V., Imbryamova A.S., Novoselov E.S., Proskuryakova M.Y., Matveeva O.G., Borodina E.V. Review of phytosanitary condition of agricultural crops in Russian Federation in 2012 and the forecast of development of harmful objects in 2013. Moscow: Federal Budget Institution Russian Agricultural Center. 2013. P. 80–81. (In Russian).
- Govorov D.N., Zhiviykh A.V., Ipatova N.V., Proskuryakova M.Y., Novoselov E.S., Shabelnikova A.A., Gabbasova S.G., Ershov N.A. Review of phytosanitary condition of agricultural crops in Russian Federation in 2014 and the forecast of development of harmful objects in 2015. Moscow: Federal Budget Institution Russian Agricultural Center. 2014. P.102–119. (In Russian).
- Kapustkina A.V. Manifestation of harmfulness of sunn pest damaging seed grain wheat. Avtoref. dis. kand. biol. nauk. Saint Petersburg, Pushkin. 2011. 20 p. (In Russian).
- Kapustkina A.V., Nefedova L.I. Features of topical specificity of sunn pest when feeding on reproductive organs of modern varieties of winter wheat. Vestnik zashchity rastenii. Saint Petersburg. 2008. N 4. P. 12–21. (In Russian).
- Melnikov N.N., Novozhilov K.V., Belan S.R. Pesticides and plant growth regulators. Moscow: Khimiya. 1995. 576 p. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Faculaty S.R., Vilkova N.A., Sukhoruchenko G.I., Nefedova L.I. Anthropogenic transformation of agro-ecosystems and its implications for phytosanitary. Saint Petersburg. 2008. 120 p. (In Russian).
- Pavlyushin V.A., Vilkova N.A., Sukhoruchenko G.I., Nefedova L.I., Kapustkina A.V. Sunn pest and other grain bugs. Saint Petersburg. 2015. 280 p. (In Russian).
- Shapiro I.D. Ecological basis of plant protection from pests in the cultivation of crops for intensive technologies on the example of grain and leguminous crops. Leningrad: Leningrad Agricultural Institute. 1988. 73 p. (In Russian).
- Vilkova N.A. Physiological basis for the theory of plant resistance to insects. Avtoref. dok. dis. Leningrad. 1980. 48 p. (In Russian).
- Vilkova N.A., Nefedova L.I. Methods for evaluation of grain damage of wheat sunn pest. In: III mezhdunarodnyi kongress Zerno i khleb Rossii. Saint Petersburg. 2007. P. 117–118. (In Russian).
- Vilkova N.A., Shapiro I.D. The use of infrared microscopy for the diagnosis of damage and stability of the grains to the bugs. In: Itog issledovaniy po ustoichivosti rastenii k vreditelyam. Poznan. 1978. P. 78–97 (In Russian).
- Zakharenko V.A., Zakharenko A.V. Economic aspects of pesticide use in modern agriculture of Russia. Rossiiskii khimicheskii zhurnal. 2005. V. 49. N 3. P. 55–63. (In Russian).

Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 50–56

TOPICAL SPECIFICITY OF CEREAL BUGS AND DAMAGE OF GRAIN OF DIFFERENT WHEAT VARIETIES

A.V. Kapustkina

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

The results of the analysis of the Sunn Pest topical specificity on the ear and kernels are given, as well as the results of the analysis of grain damaged by the Sunn Pest. The varieties of winter and spring wheat are used from the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation. The techniques of infrared microscopy, CT scan and diagnostic methods of grain damage by different species of cereal bugs have been used, being developed in the Laboratory of Entomology and Plant Immunity of the All-Russian Institute of Plant Protection. As a result of the research, the topical distribution of the Sunn Pest on the middle and bottom levels of the ear is studied; immunologically relevant parameters of the structures of the ear are determined, impeding the access of the bugs to proper food necessary for their vital activity. It is revealed that the weakly damaged (0.1–0.3%) by the Sunn Pest cultivars are characterized by thick ears (20–25 spikelets per 10 cm of spiked rod) with rough awns or processes, oval, ovate-oval or ovate glumes covering the caryopsis entirely and firmly attached to the latter. More than 60% of the studied varieties have the damaged grain reaching 20% or more, including 10.1 to 15.0% seeds damaged by 3rd score, 4.1 to 12.0% by 4th score, with weighted average score 0.75 to 1.5 and more. It is revealed that the degree of grain damaged by the Sunn Pest at the cultivation of wheat in crop rotation after various predecessors is determined by the wheat genotype.

Key words: winter wheat; spring wheat; variety; cereal bug; Sunn Pest; topical specificity; damage; grain; predecessor.

Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608
Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
Капусткина Александра Валерьевна. кандидат биологических наук,
e-mail: ydati@mail.ru

Information about the author

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608,
St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
Kapustkina Aleksandra Valer'evna. PhD in Biology,
e-mail: ydati@mail.ru

УДК 632.4:633.16(470.2)

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПОРАЖЕНИЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ БОЛЕЗНЯМИ В IV АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.С. Рогожникова¹, А.М. Шпанев^{1,2}, М.А. Фесенко¹

¹Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург;

²Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

В результате проведенных исследований уточнен видовой состав фитопатогенов и степень поражения ярового ячменя грибными болезнями в Ленинградской области в 2012–2015 годы. К числу основных заболеваний культуры по-прежнему относятся корневые гнили и пятнистости листьев гельминтоспориозной этиологии. Внесение минеральных и нового органоминерального удобрения на основе куриного помета приводило к существенному росту урожайности ячменя, снижению степени поражения культурных растений корневыми гнилями, гельминтоспориозными пятнистостями и зараженности зерна гельминтоспориозной инфекцией. В то же время проявилась тенденция усиления развития на

листьях мучнистой росы и карликовой ржавчины, более сильного заражения зерна грибами родов *Alternaria* и *Fusarium*. На удобренных посевах в годы благоприятные для развития указанных патогенов возрастает потребность в применении фунгицидов по вегетирующим растениям ярового ячменя.

Ключевые слова: яровой ячмень, болезни ячменя, органоминеральные удобрения, минеральные удобрения.

В литературе накоплено достаточно сведений о влиянии удобрений на распространение вредных организмов в посевах с.-х. культур. Принято считать, что внесение удобрений приводит к более сильному развитию болезней культурных растений, в том числе ярового ячменя [Ваулина, Тимофеев, 2001; Бесалиев, Райов, 2006; Старыгина и др., 2008; Ткаченко, 2008]. Можно предположить, что такие же последствия наблюдаются и в Северо-Западном регионе, где из-за низкого содержания основных элементов питания в дерново-подзолистых почвах внесение удобре-

ний имеет особое значение. Недостаточная изученность этого вопроса делает обоснованным проведение исследований, нацеленных на выявление изменений ситуации с фитопатогенами на посевах ярового ячменя, происходящих под действием вносимых удобрений. Нуждаются в изучении и новые виды удобрений, например, органоминеральные удобрения на основе куриного помета, которые эффективны в решении задач улучшения плодородия и физико-химических свойств почв [Иванов и др., 2014].

Материалы и методы исследований

Влияние удобрений на поражение ярового ячменя болезнями изучалось в агроэкологическом стационаре Меньковского филиала Агрофизического научно-исследовательского института в период 2012–2015 гг. (IV агроклиматический район Ленинградской области). Почвенный покров опытного участка сформирован дерново-слабоподзолистыми легкосуглинистыми почвами, развитыми на лёгком моренном суглинке. Мощность пахотного слоя – 23 см, рНКС1 – 4.6, содержание органического вещества – 3.41 %, подвижных соединений фосфора и калия – 257 и 92 мг/кг, соответственно. Схемой опыта было предусмотрено изучение эффективности равномерного и дифференцированного внесения нового органоминерального удобрения на основе куриного помета (табл. 1), а также возрастающих доз минеральных удобрений ($N_0P_0K_0$, $N_{65}P_{50}K_{50}$, $N_{100}P_{75}K_{75}$). При равномерном внесении доза органофоски составляла 4 т/га, при дифференцированном – 6 т/га на низком уровне минерального питания ($N_0P_0K_0$), 4 т/га – на среднем ($N_{65}P_{50}K_{50}$), 2 т/га – на высоком ($N_{100}P_{75}K_{75}$). В исследованиях был использован сорт ярового ячменя Ленинградский, включённый в реестр селекционных достижений, допущенных к возделыванию в Северо-Западном регионе РФ. Ультраскороспелость, кислотоустойчивость, высокая потенциальная урожайность, повышенное содержание белка и незаменимых аминокислот делают этот сорт очень привлекательным для сельхозпроизводителей данного региона, занимающихся животноводством.

Наблюдения за развитием болезней ярового ячменя велись на постоянных площадках 0.1 м², устанавливаемых в фазу всходов и находящихся в посеве до полного созревания культуры. Постоянные площадки размещались с учетом схемы опыта в равном количестве на каждом изучаемом варианте опыта. Общее их количество за 4 года исследований составило 168. С помощью постоянных площадок удавалось оценить влияние удобрений на густоту продуктивного стеблестоя и степень развития культурных растений, что помогало правильно интерпретировать влияние удобрений на фитопатогены. Интенсивность поражения ячменя листовыми болезнями определялась по унифицированной

Таблица 1. Физико-химическая характеристика нового органоминерального удобрения (2012 г.)

Анализируемый показатель	Единица измерения	Значения
pH _{водн}	ед. pH	9.0
Зольность	%	25.56
Влага	%	2.18
Нвал	%	2.46
Намм.	%	0.32
P ₂ O ₅ вал	%	4.51
K ₂ O вал	%	3.36
Ca	%	1.74
Mg	%	0.47
Cu	мг/кг	97
Zn	мг/кг	484
Ni	мг/кг	7.9
Pb	мг/кг	21
Cd	мг/кг	0.1
Сумма N, P ₂ O ₅ , K ₂ O	кг/т	107
Нейтрализующая способность CaO	%	26.0
Сумма питательных веществ	кг/т	12.9

9-балльной шкале с привычным качественным описанием степени проявления признака и с нечетным обозначением баллов: балл 0 – признак не проявился, балл 1 – до 5 %, балл 3 – 6–25 %, балл 5 – 26–50 %, балл 7 – 51–75 %, балл 9 – более 75 % [Зубков, 1983]. Для учета развития корневых гнилей рядом с постоянными площадками брались разовые пробы из 30 растений для лабораторного анализа. Зараженность зерна ячменя фитопатогенами определялась с использованием метода рулонов [ГОСТ 12044-93]. Такая же работа была проведена с использованием питательных сред научным сотрудником Всероссийского НИИ защиты растений Шипиловой Н.П., за что авторы выражают ей искреннюю благодарность.

Результаты исследований

За годы исследований в посевах ярового ячменя было выявлено 18 видов фитопатогенов, поражающих корневую систему, листья, стебли, колосья и зерна [Шпанев, Рогожникова, 2015].

Корневая система поражалась корневыми гнилями гельминтоспориозно-фузариозного типа. Первые признаки поражения корневой системы отмечались уже на всходах ярового ячменя. За две последующие недели развитие болезни возросло в 10 раз. В фазу стеблевания ячменя фиксировалось еще более сильное поражение, которое

примерно на этом же уровне продолжало оставаться и на более поздних фазах развития культуры. В фазу кущения культуры корневыми гнилями обычно поражается около 60 % растений, а развитие составляет 15–40 %. В годы с засушливым маем, как это было в 2015, данная болезнь проявляется значительно слабее и ее развитие не превышает 5 %.

Из листостеблевых болезней на растениях ячменя регулярно проявлялись гельминтоспориозные пятнистости

и ринхоспориоз, периодически – мучнистая роса, карликовая и стеблевая ржавчины (табл. 2).

Одним из самых распространенных и опасных заболеваний ячменя в регионе является гельминтоспориоз, включающий несколько видов пятнистостей. Из литературы известно, что в Северо-Западном регионе преобладает сетчатая пятнистость, а полосатая и темно-бурая пятнистости имеют второстепенное значение [Ишкова, Назаровская, 2002]. Однако в отдельные годы ситуация может быть иной. Так, по данным 2015 г. сетчатая пятнистость по доле пораженной листовой поверхности (16%) уступала темно-бурой (22%) и полосатой (21%) пятнистостям. По нашим наблюдениям для гельминтоспориозных пятнистостей характерно раннее появление в посевах. Первые симптомы можно обнаружить уже на всходах культуры. В фазу выхода в трубку признаки поражения гельминтоспориозом встречаются в среднем ярусе листьев, в фазу налива зерна – на верхнем ярусе. При этом флаговый лист всегда поражался слабее ниже расположенных, что во многом было связано с ультраскороспелостью изучаемого сорта, созревание которого проходило быстрыми темпами.

Сильное развитие гельминтоспориозных пятнистостей, которое соответствует уровню 15–20%, отмечалось в 2013 г., когда в фазу налива зерна на 1-м подфлаговом листе оно составило 19.1%. Предыдущие случаи сильного поражения ярового ячменя гельминтоспориозом в Ленинградской области наблюдались в 2005, 2006 и 2007 годах [Афанасенко и др., 2013]. Слабое развитие гельминтоспориоза фиксировалось в 2012 и 2015 годах (0.6 и 1.9%), а в 2014 г. – умеренное (8.2%). В фазу молочной спелости на флаговом листе показатель развития болезни достигал значения, равного 0.6, 31.5, 20.6 и 3.8% соответственно в 2012, 2013, 2014 и 2015 гг.

Ринхоспориоз, хотя и проявляется ежегодно на растениях ячменя, но в слабой степени и очажно по площади посевов. В фазу налива зерна на 1-м подфлаговом листе развитие болезни изменялось по годам в пределах от 0.001 до 0.5%, в фазу молочной спелости на флаговом листе увеличивалось до 1.6%. Из литературы известны случаи, когда развитие ринхоспориоза на посевах ярового ячменя Ленинградской области достигало 40–50% и более. Так было в 1999 и 2007 годах [Ишкова, Назаровская, 2002; Афанасенко и др., 2013].

Устойчивыми низкими показателями развития в посевах ячменя характеризуются мучнистая роса, карликовая и стеблевая ржавчины. В самом благоприятном по погодным условиям 2014 году развитие данных заболеваний составило 0.6, 0.02 и 0.03%. В 2013 г., который отличался более высоким температурным режимом и недостатком влаги в период вегетации культуры, мучнистая роса и оба вида ржавчины на растениях ярового ячменя не были обнаружены. К среднесуточным значениям по среднесуточным температурам и сумме осадков наиболее близок был 2012 год, в котором развитие болезней составило 0.1, 0.002 и 0.01%.

Из болезней колоса на ячмене фиксировалась пыльная головня. В обследуемых нами посевах практически ежегодно встречались пораженные единичные растения. В 2012 г. таких растений оказалось значительно больше, а в 2015 г. их не было вовсе.

При анализе зерна чаще выявлялись виды грибов, вызывающие чернь колоса. Так, на грибы рода *Alternaria* (28%), *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link. (20%) и *Epicoccum purpurascens* Ehrenb. (9%) суммарно приходилось 57% зараженных зерен. Доля гриба *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker., вызывающего корневые гнили и гельминтоспориозные пятнистости, составляла 26%. Фузариевые грибы встречались на 7% зерновок и, примерно, в равной степени, они были представлены тремя видами – *F. sporotrichioides* Sherb., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc., *F. poae* (Peck) Wollenw. Плесневые грибы фиксировались на зернах в единичных случаях. Общая зараженность зерен грибами в 2012 г. составила 37%, в 2013 и 2014 гг. – 63%.

Таблица 2. Поражение ярового ячменя болезнями в Ленинградской области (2012–2015 гг.)

Болезни	Годы				
	2012	2013	2014	2015	\bar{x}
Корневые гнили					
- распространенность, %	60.9	60.0	63.0	5.8	47.4
- интенсивность поражения, %	24.8	63.5	52.1	41.1	45.4
- развитие, %	15.1	38.8	33.8	2.5	22.6
Гельминтоспориоз*					
- распространенность, %	10.8	75.1	66.0	33.8	41.3
- интенсивность поражения, %	5.1	24.8	13.7	5.8	11.5
- развитие, %	0.6	19.1	8.2	1.9	6.5
Мучнистая роса*					
- распространенность, %	2.2	0.0	11.4	7.5	4.9
- интенсивность поражения, %	5.0		5.4	5.0	5.1
- развитие, %	0.11	0.0	0.63	0.37	0.25
Ринхоспориоз*					
- распространенность, %	2.3	0.5	3.7	0.04	1.7
- интенсивность поражения, %	6.3	15.0	16.1	5.0	10.9
- развитие, %	0.17	0.05	0.47	0.001	0.17
Карликовая ржавчина*					
- распространенность, %	0.03	0.0	0.3	0.0	0.1
- интенсивность поражения, %	5.0		5.0		5.0
- развитие, %	0.002	0.0	0.02	0.0	0.01
Стеблевая ржавчина					
- распространенность, %	0.1	0.0	0.4	0.0	0.1
- интенсивность поражения, %	5.0		5.0		5.0
- развитие, %	0.01	0.0	0.03	0.0	0.01

*Данные учета болезней на 1-м подфлаговом листе в фазу налива зерна.

Согласно полученным данным, внесение изучаемых удобрений оказывало сильное влияние на рост и развитие растений ярового ячменя, которое проявилось в повышении густоты и высоты продуктивного стеблестоя, за счет чего изменялись микроклиматические условия посева. Структурный анализ урожая показал значительный и статистически достоверный рост характеристик продуктивности растений и урожайности ярового ячменя (табл. 3).

Равномерное внесение органоминерального удобрения приводило к повышению урожайности ячменя на 10.8 ц/га (61%), густоты продуктивных стеблей – 112 шт./м² (35.7%), массы и количества зерен в колосе – 0.15 г (28.3%) и 4.2 шт. (27.3%). При дифференцированном применении органофоски отмечались еще более высокие показатели продуктивности и урожайности ячменя. Величина убранный урожая на этом варианте составила 33.3 ц/га,

что на 4.8 ц/га или 16.8% больше по сравнению с равномерным внесением. Таким образом, дифференцированное с учетом норм минеральных удобрений применение органофоски не только позволяет экономить денежные средства, но и оптимизировать питательный режим культурных растений, что приводит к росту их продуктивности и урожайности в целом.

Еще более эффективным приемом оказалось внесение минеральных удобрений. Урожайность ячменя на вариантах со средними дозами удобрений увеличилась почти в два раза, густота продуктивного стеблестоя на 51.5%, продуктивность 1 стебля – 29.1%. Под влиянием высоких доз минеральных удобрений формировался еще более плотный стеблестой и урожайность ячменя достигала 35 ц/га, что на 18.5% больше по сравнению со средними дозами.

Таблица 3. Влияние удобрений на состояние культурных растений и элементы структуры урожая ярового ячменя

Показатели	Органофоска			Минеральные удобрения		
	Без ОФК	Равномерно	Дифференцированно	N ₀ P ₀ K ₀	N ₆₅ P ₅₀ K ₅₀	N ₁₀₀ P ₇₅ K ₇₅
Урожайность, ц/га	17.7	28.5	33.3**	15.2	29.7	35.2**
Густота продуктивного стеблестоя, шт./м ²	306	418	454**	268	406	495**
Число зерен в колосе, шт./колос	15.4	19.6	21.4**	16.9	21.1	21.3**
Масса зерна с колоса, г/колос	0.53	0.68	0.75**	0.55	0.71	0.72**
Масса 1000 зерен, г	32.6	33.8	34.4*	31.1	33.4	33.6**
Длина колоса, см	4.3	4.7	4.9**	4.3	4.9	5.0**
Высота стебля, см	62.3	84.4	85.1**	63.3	84.5	85.0**

Здесь и далее: ** различия существенны при P≥0.99, * – при P≥0.95.

Влияние удобрений распространялось не только на культурные растения, но и на поражение их болезнями. При этом обозначилось более слабое действие органофоски, чем минеральных удобрений. Это можно видеть по показателям развития болезней на разных вариантах опыта и данным статистической обработки (табл. 4). Отмечалось усиление развития большинства листовых болезней, чему способствовало изменение микроклимата в посевах. На внесение минеральных удобрений наиболее сильно возросла пораженность мучнистой росой и карликовой ржавчиной, в меньшей степени – ринхоспориозом. Развитие гельминтоспориозных пятнистостей, наоборот,

снижалось под влиянием вносимых минеральных удобрений. Этому было получено статистическое подтверждение. Такая ситуация наблюдалась на протяжении 2012–2014 гг., тогда как в 2015 г. она была обратной. Это было связано с особенностями погодных условий, когда в мае и июне наблюдался дефицит влаги и пониженные температуры, из-за чего гельминтоспориозные пятнистости проявились в посевах позднее, а применение удобрений не принесло ожидаемого эффекта. В то же время при внесении органофоски отмечалось усиление поражения ячменя гельминтоспориозом, которое составило 2.5 раза при равномерном внесении и 2.8 раза – при дифференцированном.

Таблица 4. Влияние удобрений на развитие болезней корневой системы и листьев ярового ячменя. Ленинградская обл., 2012–2014 гг.

Болезни	Органофоска			Минеральные удобрения		
	Без ОФК	Равномерно	Дифференцированно	N ₀ P ₀ K ₀	N ₆₅ P ₅₀ K ₅₀	N ₁₀₀ P ₇₅ K ₇₅
Корневые гнили	35.8	40.0	39.2	47.2	30.5	31.1*
Гельминтоспориоз	3.48	8.94	9.86*	12.1	5.9	5.2**
Мучнистая роса	0.07	0.06	0.08	0.01	0.16	0.50**
Ринхоспориоз	0.18	0.07	0.14	0.18	0.22	0.26
Карликовая ржавчина	–	–	–	0.0	0.002	0.014

Исследованиями было выявлено значительное, достоверное более сильное поражение ярового ячменя корневыми гнилями на вариантах, где отсутствовало внесение удобрений и растения испытывали недостаток основных элементов питания. Такие же сведения можно встретить и в литературе [Попов, 2005; Семьнина, 2008]. Объясняется это более сильным поражением физиологически ослабленных и угнетенных растений, которое может быть как при недостатке влаги, так и элементов питания [Чулкина, 1979; Крутова, 1981; Рябчикова, 1984]. С другой стороны, внесение любых видов удобрений в значительной степени улучшает микробиологические процессы в почве и создает неблагоприятные условия для жизнедеятельности возбудителей корневой гнили [Косенок, 1984].

Сходное с поражением листьев ярового ячменя *V. sorokiniana* отмечалось его присутствие в убранном зерне с неудобренных делянок. В то же время с внесением возрастающих доз минеральных удобрений увеличивалась

доля и интенсивность поражения зерен ячменя грибами родов *Alternaria* и *Fusarium* (табл. 5).

Таблица 5. Влияние удобрений на зараженность семян ярового ячменя патогенами Ленинградская обл., 2013–2014 гг.

Болезни	Дозы минеральных удобрений					
	N ₀ P ₀ K ₀		N ₆₅ P ₅₀ K ₅₀		N ₁₀₀ P ₇₅ K ₇₅	
	P, %	R, %	P, %	R, %	P, %	R, %
Гельминтоспориоз	93.8	57.2	95.5	51.9	70.3*	36.8**
Альтернариоз	6.5	2.4	9.3	3.0	21.8**	7.3**
Фузариоз	9.5	2.8	21.5	8.3	29.8**	9.3**

P – распространение, R – развитие.

Дисперсионный анализ данных опыта показал, что величина урожайности ярового ячменя определялась в первую очередь влиянием минеральных удобрений, во вторую очередь – органофоски. Их вклад составил 26 и 18% соответственно. Взаимодействие двух видов удобрений проявилось на уровне 4.2% в формировании урожайности

сти. Развитие гелиминтоспориозных пятнистостей в большей степени зависело от погодных условий, ринхоспориоза – минеральных удобрений, мучнистой росы – от обоих этих факторов (табл. 6). На поражение ячменя корневыми

гнилями наиболее сильное влияние оказывал уровень минерального питания. Нельзя не отметить большую долю влияния случайного варьирования как на урожайность ячменя, так и на развитие мучнистой росы и ринхоспориоза.

Таблица 6. Вклад факторов в формирование урожайности и развитие болезней ярового ячменя

Фактор	Урожайность	Корневые гнили	Гелиминтоспориоз	Мучнистая роса	Ринхоспориоз
Год (погодные условия)	7.9	1.1	58.3	7.3	2.5
Минеральные удобрения (МУ)	25.7	34.0	6.8	7.4	5.8
Органофоска (ОФК)	17.9	2.2	10.6	0.3	0.8
Взаимодействие Год-ОФК	0.3	6.0	10.2	0.3	1.0
Взаимодействие Год-МУ	0.01	3.2	6.8	7.4	2.7
Взаимодействие МУ-ОФК	4.2	15.8	0.8	2.1	2.3
Взаимодействие Год-МУ-ОФК	1.2	22.0	0.8	2.1	5.2
Случайное	42.9	15.7	5.7	73.2	79.7

В результате проведенных исследований на посевах ярового ячменя в Ленинградской области выявлено значительное варьирование развития грибных болезней в зависимости от погодных условий года и обеспеченности растений основными элементами питания. Внесение минеральных и нового органоминерального удобрения на основе куриного помета приводило к существенному росту урожайности ячменя, снижению степени поражения культурных растений корневыми гнилями, гелиминтоспориозными пятнистостями и зараженности зерна гелиминтоспориозом. В то же время проявилась тенденция к уси-

лению развития на листьях мучнистой росы и карликовой ржавчины, более сильному заражению зерна грибами родов *Alternaria* и *Fusarium*. Как следствие, на удобренных посевах в годы благоприятные для развития указанных патогенов возрастает потребность в применении фунгицидов по вегетирующим растениям ярового ячменя. В этом случае может быть получен еще более высокий хозяйственный эффект от вносимых удобрений и более высокая урожайность этой важной для Северо-Западного региона кормовой культуры.

Библиографический список (References)

- Афанасенко О.С., Анисимова А.В., Мироненко Н.В., Лашина Н.М., Лебедева Л.В., Лоскутов И., Ковалева О.Н., Коновалова Г.С., Семенова А.Г., Орлов С.Ю. Устойчивость ячменя к возбудителям пятнистостей листьев. СПб.: 2013. 63 с.
- Бесалиев И.Н., Райов А.А. Влияние средств защиты и агрохимикатов на развитие корневой гнили ячменя // Защита и карантин растений, 2006. 6. С. 51.
- Ваулина Г.И., Тимофеев О.В. Комплексное применение средств химизации // Защита и карантин растений, 2001. 9. С. 23.
- ГОСТ 12044-93. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. М.: 1993. 58 с.
- Зубков А.Ф. Методика оценки комплексной вредоносности организмов на зерновых культурах. Л.: 1983. 44 с.
- Иванов А.И., Иванова Ж.В., Фрейдкин И.А. Воспроизводство плодородия дерново-подзолистых почв с использованием нового органоминерального удобрения // Плодородие, 2014. 6(81). С. 20–22.
- Ишкова Т.И., Назаровская Л.А. Фитосанитарная обстановка на посевах серых хлебов в Северо-Западном регионе России // Агротехнический метод в защите растений от вредных организмов. Краснодар, 2002. С. 13–15.
- Косенок С.А. Влияние удобрений на проявление корневой гнили ячменя в Приморском крае // Защита растений от вредителей, болезней и сорняков на Дальнем Востоке. Вып. 18. Новосибирск, 1984. С. 45–46.
- Крутова Н.П. Вредоносность корневой гнили ячменя // Защита растений, 1981. 12. С. 31.
- Попов Ю.В. Влияние приемов агротехники на развитие болезней зерновых культур // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов. Краснодар, 2005. С. 57–58.
- Рябчикова В.В. Влияние способов возделывания зерновых культур на поражаемость их корневой гнилью // Совершенствование полевых севооборотов ЦЧЗ. Воронеж, 1984. С. 89–95.
- Семенов А.Я., Потлайчук В.И. Болезни семян полевых культур. Л.: 1982. 128 с.
- Семьнина Т.В. Влияние агротехнических приемов на численность конидий *Bipolaris sorokiniana* в почве // Защита и карантин растений, 2008. 9. С. 24–25.
- Старыгина В.С., Апаева Н.Н., Замятин С.А. Влияние внесения удобрений на развитие и распространение корневой гнили ячменя // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Вып. 10. Йошкар-Ола, 2008. С. 177–178.
- Ткаченко М.Н. Эффективность применения минеральных удобрений в борьбе с корневой гнилью ярового ячменя // Устойчивое развитие агропромышленного комплекса и сельских территорий. Т. 2. Курган, 2008. С. 157–159.
- Чулкина В.А. Защита зерновых культур от обыкновенной гнили. М.: 1979. 72 с.
- Шпанев А.М., Рогожникова Е.С. Поражение ярового ячменя грибными болезнями на северо-западе Нечерноземья // Современная микология в России. Т. 5. 2015. С. 131–132.

Translation of Russian References

- Afanasenko O.S., Anisimova A.V., Mironenko N.V., Lashina N.M., Lebedeva L.V., Loskutov I., Kovaleva O.N., Konovalova G.S., Semenova A.G., Orlov S.Yu. Resistance of barley to activators of leaf spots. St. Petersburg. 2013. 63 p. (In Russian).
- Besaliev I.N., Raiov A.A. Influence of plant protection means and agrochemicals on development barley root rot. Zashchita i karantin rastenii, 2006. N 6. P. 51. (In Russian).
- Chulkina V.A. Protection of grain crops against common rot. Moscow. 1979. 72 p. (In Russian).
- GOST 12044-93. Interstate standard. Seeds of agricultural cultures. Determination methods contamination by diseases. Moscow. 1993. 58 p. (In Russian).
- Ishkova T.I., Nazarovskaya L.A. Phytosanitary situation on crops of soft wheat in the North-west region of Russia. In: Agrotekhnicheskii metod v zashchite rastenii ot vrednykh organizmov. Krasnodar, 2002. P. 13–15. (In Russian).
- Ivanov A.I., Ivanova Zh.V., Freidkin I.A. Reproduction of fertility of sod-podzol soils with use of new organic-mineral fertilizer. Plodorodie, 2014. N 6(81). P. 20–22. (In Russian).
- Kosenok S.A. Influence of fertilizers on manifestation of root rot of barley in Primorsky Krai. In: Zashchita rastenii ot vreditelei, boleznei i sorniyakov na Dal'nem Vostoke. N 18. Novosibirsk, 1984. P. 45–46. (In Russian).
- Krutova N.P. Harmfulness of root rot of barley. Zashchita rastenii, 1981. N 12. P. 31. (In Russian).
- Popov Yu.V. Influence of agrotechnology means on development of diseases of grain crops. In: Agrotekhnicheskii metod zashchity rastenii ot vrednykh organizmov. Krasnodar, 2005. P. 57–58. (In Russian).

Ryabchikova V.V. Influence of methods of cultivation of grain crops on their affection by root rot. In: Sovershenstvovanie polevykh sevooborotov TsChZ. Voronezh, 1984. P. 89–95. (In Russian).

Semenov A.Ya., Potlaichuk V.I. Diseases of seeds of field cultures. Leningrad. 1982. 128 p. (In Russian).

Semykina T.V. Influence of agrotechnical means on the number of *Bipolaris sorokiniana* conidia in soil. Zashchita i karantin rastenii, 2008. N 9. P. 24–25. (In Russian).

Shpanev A.M., Rogozhnikova E.S. Affection of summer barley by fungal diseases in the northwest of Non-Black Earth Region. In: Sovremennaya mikologiya v Rossii. V. 5. 2015. P. 131–132. (In Russian).

Starygina V.S., Apaeva N.N., Zamyatin S.A. Influence of application of fertilizers on development and distribution of root rot of barley. In: Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaistva. N 10. Ioshkar-Ola, 2008. P. 177–178. (In Russian).

Tkachenko M.N. Efficiency of use of mineral fertilizers in control of root rot of summer barley. In: Ustoichivoe razvitiye agropromyshlennogo kompleksa i sel'skikh territorii. V. 2. Kurgan, 2008. P. 157–159. (In Russian).

Vaulina G.I., Timofeev O.V. Complex application of means of agrochemicals. Zashchita i karantin rastenii, 2001. N 9. P. 23. (In Russian).

Zubkov A.F. A technique of assessment of complex harmfulness of organisms on grain crops. Leningrad. 1983. 44 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 56–61

THE INFLUENCE OF FERTILIZERS ON THE AFFECTION OF SPRING BARLEY BY DISEASES IN LENINGRAD REGION

E.S. Rogozhnikova¹, A.M. Shpanev^{1,2}, M.A. Fesenko¹

¹Agrophysical Research Institute, St. Petersburg, Russia

²All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

The research clarifies the species composition of pathogens and affection of spring barley by fungal diseases in the Leningrad region in recent years. The main diseases of crops include the root rot and *Helminthosporium* leaf spot. The application of mineral and new organic-mineral fertilizers based on chicken manure has led to significant increase in the barley yield, reduction of plant affection by the root rot, *Helminthosporium* spots, and grain contamination with *Helminthosporium*. At the same time, there has been a trend to increased development of powdery mildew and dwarf rust on leaves, to stronger contamination of grain by fungi of the genera *Alternaria* and *Fusarium*. Fertilized crops in the years favorable for the development of those pathogens increase the need for application of fungicides on vegetative plants of spring barley.

Keywords: spring barley; disease; organic mineral fertilizer; mineral fertilizer.

Сведения об авторах

Агрофизический НИИ, 195220, Санкт-Петербург, Гражданский просп., д. 14, Российская Федерация
 Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
 Рогожникова Екатерина Сергеевна. Научный сотрудник, e-mail: katarios16@mail.ru
 *Шпанев Александр Михайлович. Зав. сектором, доктор биологических наук, e-mail: ashpanev@mail.ru
 Фесенко Мария Александровна. Ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: ramylek@yandex.ru

Information about the authors

Agrophysical Research Institute, 195220, Saint Petersburg, Grazhdanskiy pr., 14, Russian Federation
 All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
 Rogozhnikova Ekaterina Sergeevna. Researcher, e-mail: vvsruk@mail.ru
 *Shpanev Alexandr Mikhaylovich. Head of Sector, DSc in Biology, e-mail: ashpanev@mail.ru
 Fesenko Mariya Aleksandrovna. Leading Researcher, PhD in Agriculture, e-mail: ramylek@yandex.ru

* Ответственный за переписку

* Responsible for correspondence

УДК 631.348

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСАЖДЕНИЯ КАПЕЛЬ ДИСПЕРГИРУЕМОЙ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВРАЩАЮЩИХСЯ ДИСКОВЫХ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ, ПЕРФОРИРОВАННЫХ ИЛИ СЕТЧАТЫХ БАРАБАНОВ

А.К. Лысов

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

В работе анализируются результаты исследований в секторе механизации по оценке эффективности осаждения капель диспергируемой рабочей жидкости на обрабатываемую поверхность при использовании традиционных гидравлических форсунок и вращающихся дисковых распылителей, сетчатых или перфорированных барабанов с принудительным осаждением мелких капель. Обоснована необходимость использования принудительного осаждения мелких капель при создании новых рабочих органов к опрыскивающей техники на основе вращающихся дисковых распылителей, сетчатых или перфорированных барабанов. Разработан распылитель жидкости, зарегистрированный в Государственном реестре изобретений РФ 13 января 2016. Патент на изобретение №2574678.

Ключевые слова: распылитель, осаждение капель, снос капель, спектр распыла, дисперсность распыла, гравитационное осаждение, скорость осаждения, физические потери рабочей жидкости.

В настоящее время основными технологиями применения средств защиты растений на полевых культурах являются: технология малообъемного опрыскивания с

нормами расхода рабочей жидкости 50–200 л/га и технология полнообъемного опрыскивания с нормами расхода рабочей жидкости 300–600 л/га. Для внесения указанных

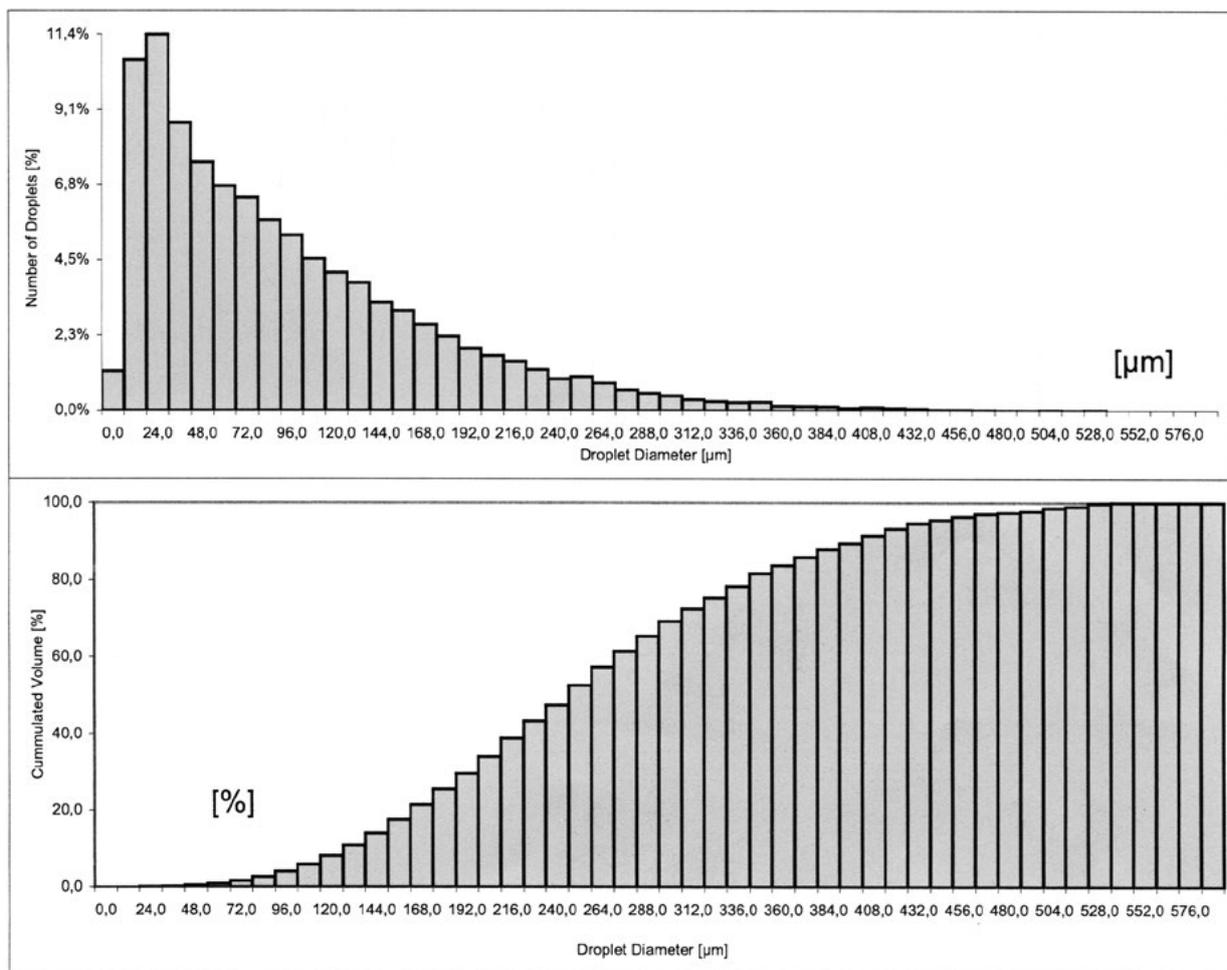


Рисунок 1. Спектр распыла гидравлической форсунки, полученный на лазерном стенде фирмы Лехлер

норм расхода рабочей жидкости используются гидравлические форсунки различных типоразмеров в соответствии со стандартом по цветовому кодированию ISO/FDIS 10625:2005(E). При использовании гидравлических дефлекторных, центробежных распылителей и наиболее широко используемых стандартных и инжекторных щелевых распылителей в опрыскивающей технике, в факеле распыла рабочей жидкости образуются капли в очень широком диапазоне [Лысов, Корнилов, 2010].

Фракционный состав капель в факеле распыла диспергируемой рабочей жидкости определяет качественные показатели осаждения рабочей жидкости на целевые объекты, а также физические потери рабочей жидкости во время осаждения капель от источника распыла до объекта уничтожения, вследствие испарения и сноса мелких капель из зоны обработки, а также стекания крупных капель с обрабатываемой листовой поверхности на почву.

Для оценки качества диспергирования рабочей жидкости распылителями используется среднеобъемный и медианно-массовый диаметры капель и кривые распределения по их числу и по количеству заключенной в них жидкости (дифференцированные и интегрированные кривые распределения), а также коэффициент полидисперсности распыла, характеризующий диапазон разброса размера капель. У стандартных щелевых распылителей медианно-массовый диаметр составляет 210–270 мкм, у инжекторных щелевых распылителей от 400 до 600 мкм. (табл.1) [Шпаар и др., 2004]. При этом у гидравлических распылителей коэффициент полидисперсности фракцион-

ного состава капель спектра распыла находится в пределах от 4 до 6 в зависимости от типоразмера распылителя и рабочего давления.

Во время осаждения капель рабочих жидкостей препаратов на обрабатываемую поверхность происходит процесс их испарения и снос мелких неиспарившихся капель за пределы обрабатываемой площади под воздействием ветра и набегающего воздушного потока при движении опрыскивателя по полю. Скорость осаждения капель под действием гравитационного притяжения определяется уравнением Стокса [Daries, 1966]:

$$V_s = d^2 g (\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{в}}) / 18 \mu_{\text{в}}$$

где: g – постоянная гравитационного притяжения;
 d – диаметр капли;
 $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости капли;
 $\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха;
 $\mu_{\text{в}}$ – вязкость воздуха.

При гравитационном оседании мелких капель размером до 60 мкм мы имеем очень малую скорость их осаждения на обрабатываемую поверхность (табл. 2). Вследствие этого часть объема диспергируемой жидкости в виде фракции мелких капель находится в воздушной среде во взвешенном состоянии. На мелкие капли, находящиеся в указанном состоянии, кроме гравитационных сил воздействуют сила ветра и набегающий воздушный поток при движении опрыскивателя по полю.

Зная высоту установки распылителя относительно обрабатываемой поверхности, скорость падения капли и скорость бокового ветра, можно определить на какое рас-

Таблица 1. Дисперсность распыла различных типоразмеров распылителей

Название распылителя	Давление, бар	Размер капель	СВД, мкм
Стандартные плоскоструйные распылители			
XR 80 04	3	средний	270*
XR 80 04	4	средний	250*
XR 110 02	2	средний	241**
XR 110 02	3	тонкий	210**
XR 110 02	4	тонкий	200**
XR 110 04	2	средний	292**
XR 110 04	3	средний	268**
XR 110 04	4	средний	247**
XR 110 06	2	средний	365**
XR 110 06	3	средний	314**
XR 110 06	4	средний	307**
Крупнокапельные плоскоструйные распылители			
DG 110 04	2	грубый	382**
DG 110 04	4	средний	309**
DG 110 05	2	грубый	440*
DG 110 05	4	средний	340*
Плоскоструйные распылители с эжекцией воздуха			
AI 110 03	3	грубый	518**
AI 110 03	4	грубый	470**
AI 110 04	3	грубый	486**
AI 110 04	4	грубый	450**
TD XL 110 03	1	грубый	660*
TD XL 110 03	3	грубый	455*

* Данные производителя; ** - данные ВВА (Берлин, Далем)

Таблица 2. Время гравитационного осаждения капель с высоты 0.5 и 5 метров

Диаметр капель, мкм	Скорость осаждения, м/с	Время падения с высоты, с	
		0.5 м	5.0 м
1	0.000035	14285	142850
5	0.00076	657.9	6578.9
10	0.003	166.7	1666.7
20	0.012	40	400
40	0.148	10.4	104
60	0.103	4.83	48.3
100	0.259	1.93	19.3
200	0.775	0.65	6.5
300	1.315	0.38	3.8
400	1.81	0.28	2.8
500	2.25	0.22	2.2
600	2.65	0.19	1.9
700	3.00	0.17	1.7
800	3.33	0.15	1.5
900	3.62	0.14	1.4

Таблица 3. Расстояние, пройденное каплей до остановки

Размер капли, d, (мкм)	Скорость падения капли, V _S ((см/с)	Расстояние, пройденное каплей до остановки, d _S (см)
1	0.0035	0.00036
5	0.076	0.00795
10	0.30	0.0306
20	1.2	0.122
30	2.7	0.275
50	7.2	0.734
100	25	2.55
150	46	4.69
200	70	7.14
300	115	11.7
500	200	20.4

стояние уносятся капли определенного размера из зоны обработки. Расстояние, на которое уносятся капли ветром определенного размера можно определить по формуле:

$$L = Nu/V_s$$

где: L – расстояние, пройденное каплей из зоны обработки, м;
 H – высота установки распылителя относительно обрабатываемой поверхности, м;
 u – скорость ветра, м/с;
 V_s – скорость падения капли, м/с;

Расчеты показывают, что капли размером в 10 мкм при скорости ветра 3 м/с и высоты установки распылителя к обрабатываемой поверхности 0.5 метра при гравитационном оседании уносятся из зоны обработки на 500 метров, а при скорости ветра 5 м/с на 833 метра. При высоте установки распылителя к обрабатываемой поверхности 0.7 м капли данного размера при равных условиях уносятся на 700 метров и 1166 метров соответственно. С учетом величин параметров метеоданных в зоне внесения средств защиты растений и показателей дисперсности распыла можно определить время жизни капель мелкой фракции, а также потери объема средних и крупных капель в результате испарения.

Время испарения капли определяется по следующей формуле:

$$\tau = \rho_k R_n T / 2 D_m (E_k - e) \cdot d_1^2 - d_2^2 / 4(1+F)$$

где: τ – время испарения капли;
 ρ_k – плотность жидкости капли;
 R_n – удельная газовая постоянная;
 T – абсолютная температура капли;
 D_m – коэффициент молекулярной диффузии пара;
 d₁ и d₂ – соответственно начальный и конечный диаметр капли;
 E_k – насыщающая упругость пара в атмосфере;
 e – упругость пара в атмосфере;
 F – ветровой коэффициент.

Для расчетов физических потерь средств защиты при опрыскивании из-за испарения необходимо знать значения констант R_n, D_m и E_k рабочих жидкостей или применяемых препаратов без разбавления водой а также спектр распыла капель, работающего на заданном режиме распылителя. Предварительные расчеты испарения водорастворимых препаратов показывают, что при критических параметрах метеоданных (температура окружающего воздуха -25 °С, относительная влажность воздуха 50%, скорость ветра 4 м/с) критический размер полностью испарившихся капель может достигать до 75 мкм при использовании штанговых опрыскивателей со стандартными щелевыми распылителям, до 90 мкм при использовании вентиляторных опрыскивателей с боковым дутьем и до 120 мкм при авиаопрыскивании при высоте полета 5 метров [Лысов, 2014]. Принято считать, что крупные капли размером более 250 мкм и более в зависимости от листовой поверхности и физико-химических свойств рабочей жидкости скатываются с обрабатываемой поверхности, загрязняя почву.

Вместе с тем установлено, что содержащиеся в спектре распыла фракции крупных капель за счет удара при контакте с обрабатываемой поверхностью распадаются на более мелкие капли, увеличивая тем самым плотность покрытия. Условием проявления данного эффекта является соотношение кинетической и поверхностной энер-

гий капле при осаждении. При величине кинетической энергии больше энергии поверхностного натяжения капли происходит ее дробление при контакте с обрабатываемой поверхностью. Данное условие определяется следующей зависимостью:

$$W_k / W_{\Pi} = \gamma d v^2 / 12 \delta$$

где: γ – плотность жидкости;
 δ – поверхностное натяжение жидкости;
 d – диаметр капли;
 v – скорость осаждения капли.

Расчеты показывают, что при поверхностном натяжении водного раствора рабочей жидкости 72.7 мН/м и стационарной гравитационной скорости осаждения на обрабатываемую поверхность кинетическая энергия капли превосходит поверхностную при диаметре 200 и более

мкм. Отсюда следует, что капли размером 200 и более мкм за счет удара при контакте с обрабатываемой поверхностью распадаются на более мелкие, увеличивая тем самым плотность покрытия обрабатываемой поверхности. Полученные данные косвенно подтверждаются результатами сравнительных испытаний по влиянию технологий крупнокапельного и мелкокапельного внесения рабочих жидкостей пестицидов на величину загрязнения почвы с использованием стандартных и инжекторных плоскофакельных щелевых распылителей и разработанной конструкции вращающегося перфорированного барабана с принудительным осаждением капель. Как и ранее полученные результаты [Лысов, Волгарев, 2014] они показывают, что при крупнокапельном и мелкокапельном опрыскивании происходит одинаковое загрязнение почвы (табл 4).

Таблица 4. Динамика разложения гербицида Гезагард 50 СП в почве при обработке посадок картофеля

Сутки	норма расхода препарата								
	3.5 кг/га			2.62 кг/га			1.75 кг/га		
	УМО с принудительным осаждением капле	инжекторный щелевой распылитель	стандартный щелевой распылитель	УМО с принудительным осаждением капле	инжекторный щелевой распылитель	стандартный щелевой распылитель	УМО с принудительным осаждением капле	инжекторный щелевой распылитель	стандартный щелевой распылитель
00	0.748	0.7431	0.7541	0.5593	0.5569	0.5644	0.3741	0.3719	0.37705
33	0.6656	0.6015	0.6405	0.4982	0.4503	0.4794	0.3328	0.3007	0.3203
77	0.5758	0.401	0.2627	0.431	0.3002	0.1969	0.2879	0.2005	0.1312
114	0.4862	0.3415	0.2025	0.3639	0.2557	0.1513	0.2431	0.1707	0.1012
221	0.3066	0.0891	0.1263	0.2295	0.0667	0.0937	0.1533	0.0445	0.0626
228	0.0374	0.0371	0.0375	0.0279	0.0278	0.02807	0.0187	0.01856	0.01875

Вместе с тем, реализация прогрессивных энергосберегающих технологий опрыскивания с малыми нормами расхода рабочей жидкости и сниженными нормами расхода препаратов базируется на возможности использования опрыскивающей аппаратуры с вращающимися дисковыми распылителями, перфорированными или сетчатыми барабанами.

Вращающиеся дисковые распылители в сравнении с традиционными гидравлическими распылителями для внесения пестицидов имеют ряд неоспоримых преимуществ, а именно:

- обеспечивают диспергирование рабочей жидкости на более однородный, близкий к монодисперсному, спектр капле распыла с коэффициентом полидисперсности в пределах 1.4–2.2;

- возможность регулировки размеров основных капле в диапазоне от 40 до 400 мкм;

- позволяют применять малые нормы расхода рабочей жидкости на гектар;

- обеспечивают большую плотность покрытия каплями верхней и нижней стороны листовой поверхности обрабатываемых растений;

- позволяют получать качественный распыл при подаче рабочей жидкости при низких давлениях менее 1 бара или самотеком, что исключает применение в опрыскивающей технике насосов высокого давления.

Для получения более однородного с узким спектром распыла капле разработаны различные конструкции вращающихся дисковых распылителей (сетчатых или перфорированных барабанов). Широкое их применение, в качестве рабочих органов в опрыскивающей технике, для

распыления средств защиты растений сдерживается по целому ряду причин. При распылении рабочих жидкостей средств защиты растений вращающимися дисковыми распылителями образуется горизонтальный факел распыла, в спектре распыла которого содержатся основные однородные по размеру капли и мелкие капли спутники [Дунский и др., 1982]. При этом, осаждение капле на обрабатываемую поверхность происходит под действием сил гравитации. Из-за малой скорости гравитационного оседания (для 20 мкм капле скорость оседания составляет 0.012 м/с, для 60 мкм – 0.103 м/с) происходит снос мелких капле за пределы обрабатываемого участка ветром и набегающим воздушным потоком при движении опрыскивателя. Снос мелких капле из зоны обработки приводит к загрязнению окружающей среды, а также вызывает ожоги других культур и растений рядом с зоной обработки при применении гербицидов. При горизонтальном факеле распыла данных распылителей неравномерность распределения рабочей жидкости на эффективной ширине захвата, выраженная коэффициентом вариации составляет по данным испытаний 20%, что не соответствует требованиям европейской нормы по данному показателю – 7–9%.

Для устранения указанных недостатков, в секторе механизации ВИЗР, на основе проведенных исследований, разработана конструкция нового вращающегося распылителя с принудительным осаждением мелких капле на обрабатываемую поверхность, а также возможности регулировки размера образующихся капле для разных режимов опрыскивания.

На рис.2 приведена конструктивная схема нового вращающегося дискового распылителя, защищенного па-

тентом РФ [Лысов и др., 2016]. В корпусе распылителя 1 установлен электродвигатель 2 с двумя выходами вала, на нижнем выходе которого, расположен распылительный диск 3, который может быть выполнен в форме сетчатого или перфорированного барабана, трубка 6 – подающая рабочую жидкость. На верхнем выходе вала электродвигателя между крыльчаткой вентилятора 5 для создания направленного воздушного потока, установлен обтекатель 4, выполненный в форме конуса. Корпус распылителя 1 выполнен в виде усеченного конуса с открытой верхней и нижней поверхностями. Корпус распылителя прикреплен, с возможностью перемещения по вертикали, к электродвигателю, корпус которого снабжен направляющими 7 и находится в сборе с крыльчаткой вентилятора 5, обтекателем 4 и распылительным диском, расположенным на нижнем выходе вала. Диаметр основания обтекателя 4 равен диаметру распылительного диска 3. Трубка для подачи жидкости 6 расположена сверху распыливающего диска.

При подаче рабочей жидкости по трубке 6 на вращающийся диск 4, за счет центробежной силы происходит диспергирование жидкости на основные и мелкие капли – спутники. Создаваемый крыльчаткой вентилятора 5 воздушный поток, благодаря установленному обтекателю 4 и его конусной форме, обеспечивает направленное принудительное осаждение мелких капель непосредственно на выходе с кромки распылительного диска 4, вследствие чего исключается их снос из зоны обработки. Корпус распылителя 1 выполнен в виде усеченного конуса, что позволяет изменять объем воздушного потока, создаваемого вентилятором, за счет возможности его перемещения относительно электродвигателя 2, в сборе с крыльчаткой вентилятора и распылительным диском 4, вниз. Для этого на корпусе электродвигателя 2 установлены направляющие 7. При смещении вниз, за счет конусности корпуса распылителя 1, увеличивается кольцевой зазор между его внутренней поверхностью и крыльчаткой вентилятора 5, что дает возможность изменять объем воздушного потока для эффективного осаждения капель диспергируемой жидкости и увеличения равномерности плотности распределения капель на обрабатываемой поверхности. Кроме этого, обеспечивается возможность регулировки эффективной ширины захвата факела распыла от 0.8 до 1.2 метра, а также плотности покрытия обрабатываемой поверхности в зависимости от используемых режимов обработки пестицидами, которая для гербицидов должна быть не менее 20–30 капель на 1 см², инсектицидов – 30–40 капель на 1 см², фунгицидов – 50–70 капель на 1 см².

Стендовые испытания нового распылителя с диаметром диска 52 мм, частотой вращения 6080 об/мин и ме-

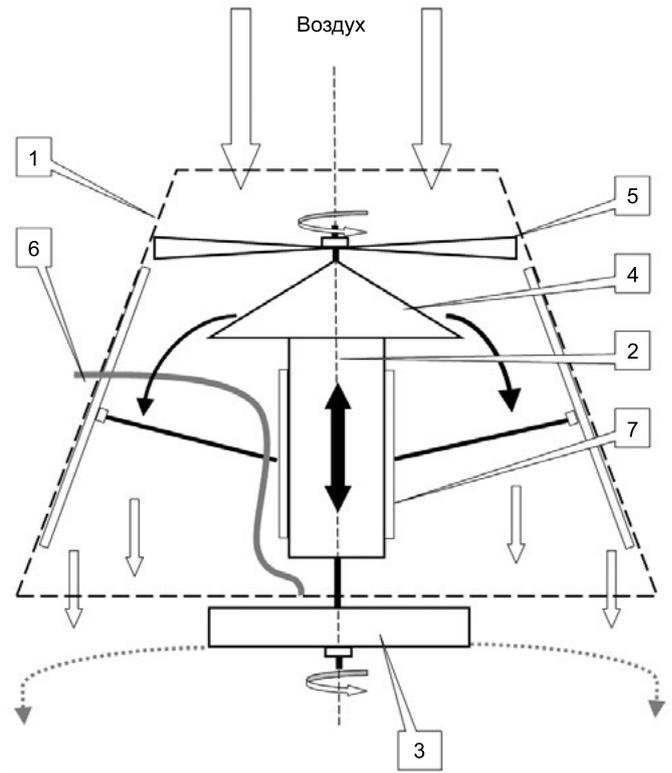


Рисунок 2. Распылитель жидкости

дианно-массовым диаметром капель 52 мкм показали при температуре 21 °С и относительной влажности воздуха 68%, что при принудительном осаждении капель (скорость воздушного потока на выходе из обечайки вентилятора 4.1 м/с) количество осевшей жидкости на ширине захвата распылителя увеличивается на 24.51% по сравнению с работой аналогичного распылителя без принудительного осаждения капель. При наличии бокового ветра с допустимой скоростью ветра 3м/с при выполнении технологического процесса опрыскивания количество осевшей жидкости в зоне обработки было выше на 39%, чем при работе распылителя без принудительного осаждения капель. Также установлено, что при наличии бокового ветра факел распыла от центра оси вращения дискового распылителя смещается в сторону без принудительного осаждения на 85%, а с принудительным осаждением этот показатель составляет 70%. На основании результатов испытаний можно сделать вывод, что за счет принудительного осаждения капель факела распыла вращающегося дискового распылителя повышается плотность отложения рабочей жидкости в зоне обработки за счет снижения непроизводительных потерь из-за сноса.

Библиографический список (References)

- Дунский В.Ф., Никитин Н.В., Соколов М.С. Пестицидные аэрозоли М.: Издательство «Наука». 1982. С. 20–22.
 Лысов А.К., Андреев В.Н., Вегера Д.В., Павлюшин В.А. Патент на изобретение N2574678. Распылитель жидкости. Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений РФ 13 января 2016.
 Лысов А.К., Волгарев С.А. Прогрессивные технологии опрыскивания проходят проверку. Защита и карантин растений. 2014. N7. С. 35.

- Лысов А.К. Оценка физических потерь рабочей жидкости при опрыскивании. Материалы международного конгресса. Агрорусь. 2014. С.174.
 Лысов А.К., Корнилов Т.В. Техника для защиты растений. Настройка и регулировка. Санкт-Петербург-Пушкин, 2010. С.15.
 Шпаар Д., Бартельс Г., Бург У., Ветцел Т. и др. Защита растений в устойчивых системах земледелия, том 4. Минск 2004. С.105–106.
 Daries C.N. Об осаждении аэрозолей ж-л «Наука об аэрозолях» Академическое издание, Лондон. 1966. С. 393–446.

Translation of Russian References

- Dunskii V.F., Nikitin N.V., Sokolov M.S. Pesticidal aerosols. Moscow: Nauka. 1982. P. 20–22. (In Russian).

- Lysov A.K., Andreev V.N., Vegera D.V., Pavlyushin V.A. Patent for the invention N 2574678. fluid atomizer. Registered in the State register of inventions of the Russian Federation on January 13, 2016. (In Russian).

Lysov A.K., Volgarev S.A. Progressive technologies of spraying undergo testing. *Zashchita i karantin rastenii*. 2014. N 7. P. 35. (In Russian).
 Lysov A.K. Assessment of physical losses of working liquid when spraying. In: *Materialy mezhdunarodnogo kongressa Agrorus*. 2014. P. 174. (In Russian).

Lysov A.K., Kornilov T.V. Techniques for protection of plants. Setup and adjustment. St. Petersburg, Pushkin, 2010. P. 15. (In Russian).
 Shpaar D., Bartels G., Burt U., Vetsel T. et al. Protection of plants in sustainable systems of land use, V. 4. Minsk. 2004. P. 105–106. (In Russian).

Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 61–66

IMPROVING EFFICIENCY OF DROP DEPOSITION OF DISPERSED WORKING FLUID AT USING ROTARY DISC ATOMIZERS, MESHY OR PERFORATED DRUMS

A.K. Lysov

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

The results of research on the evaluation of efficiency of drop deposition of dispersed working fluid on the treated surface are analysed at using conventional hydraulic nozzles and rotating disk atomizers, meshy or perforated drums with the forced deposition of small drops. The necessity of using forced deposition of droplets is proved at creating new working bodies to the spraying technique. The fluid sprayer is registered in the State register of inventions of the Russian Federation on January 13, 2016, Patent No. 2574678.

Keywords: atomizer; droplet deposition; drop drift; dispersion spectrum; gravitational deposition; deposition rate; working fluid.

Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608
 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
 Лысов Анатолий Константинович. Зам. директора института,
 Зав. лабораторией, кандидат технических наук,
 e-mail: lysov4949@yandex.ru

Information about the author

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608,
 St Petersburg, Pushkin, Russian Federation
 Lysov Anatoly Konstantinovich., Head of Laboratory,
 PhD in Technics
 e-mail: lysov4949@yandex.ru

УДК 632.937.01:576.895.132:57

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ И ИНВАЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ НЕМАТОД В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ИХ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА ИСКУССТВЕННЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ

Л.Г. Данилов¹, В.С. Турицин²

¹Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

²Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

При использовании энтомопатогенных нематод (ЭПН) в биологическом контроле знание особенностей поведения свободно живущей инвазионной стадии не вызывает сомнения. В этой связи наиболее актуальны сведения о том, каким образом на поведении инвазионных личинок отражается многократное культивирование этих паразитов на искусственных питательных средах (ИПС). В лабораторных экспериментах изучена инвазионная активность культур нематод вида *S. carpocapsae* штамм “*agriotos*” после многократного их культивирования на искусственной питательной среде в условиях промышленного производства. Среди культур нематод после 1–20 пересевов на ИПС доля активных личинок, то есть способных инвазировать хозяина, составила 45–55%. Количество же инвазионных личинок, проникших в тест-насекомое после 40 их пересевов на ИПС в среднем не превышало 28% от общей численности нематод, присутствующих в зоне нахождения насекомых – хозяев, ожидаемого роста интенсивности гибели насекомых с увеличением дозы нематод практически не наблюдается. Такое снижение активности культур нематод будет сопровождаться снижением эффективности нематодных препаратов, что определяет необходимость корректировки норм их расхода в процессе испытаний, либо при практическом их использовании.

Ключевые слова: энтомопатогенные нематоды, *Steinernema carpocapsae*, инвазионная активность, культивирование нематод, искусственная питательная среда.

Энтомопатогенные нематоды (ЭПН) из семейств *Steinernematidae* и *Heterorhabditidae* рассматриваются как перспективные агенты биологического контроля численности многих видов насекомых-вредителей [Lawrence, Hoy, Grewal, 2006]. Эти нематоды только в последние годы стали рассматриваться многими исследователями как ор-

ганизмы, отвечающие на многие вопросы паразитической биологии. Имея активную третью стадию инвазионной личинки (как у многих видов нематод) они отличаются от других нематод-паразитов наличием мутуалистической связи с бактериями и представляют собой отличную мо-

дель для изучения вопросов паразитологии [Lewis et al., 2006].

Знание особенностей экологии ЭПН в будущем будет определять и успешность их использования в качестве биологических агентов и, что не менее важно, особого рассмотрения требуют вопросы, связанные с изучением особенностей экологии и поведения культур этих паразитов после многократного их культивирования на искусственных питательных средах (ИПС).

Многократное культивирование нематод на искусственной питательной среде, по мнению ряда исследователей, может привести к уменьшению полезных признаков, таких как вирулентность, экологическая толерантность или репродуктивная способность [Shapiro et al., 1996a; Wang, Grewal, 2002; Bai et al., 2004; Bilgrami et al., 2006]. В качестве мер защиты при этом предполагается, например, сведение к минимуму серийности пассажей, введение свежего генетического материала и усовершенствованных методов криоконсервации маточных культур [Bai et al., 2004] или создание гомозиготных инбредных линий, устойчивых к признакам ухудшения нематодных

культур в процессе их массового производства [Bai et al., 2005; Chaston et al., 2011].

В процессе изучения влияния неблагоприятных условий культивирования нематод *S. glaseri* на возможность проявления эффекта инбридинга, либо генетического сдвига и адаптации нематод к новым условиям существования было установлено, что после 12 пассажей нематод через вошинную моль и японского жука отмечается снижение репродуктивного потенциала нематод и некоторое снижение инвазионной активности при культивировании на вошинной моли в отличие от культивирования их на личинках японского жука [Stuart, Gaugler, 1996].

В своих исследованиях мы сделали попытку изучения особенностей поведения нематод, прошедших многократные пересевы через искусственные питательные среды, с использованием оцениваемых показателей – поисковых способностей и инвазионной активности видов нематод.

Для исследований в данном направлении мы выбрали те вопросы, которые могут быть проверены экспериментально и которые могут быть использованы в повышении эффективности применения биологических препаратов, изготавливаемых на основе ЭПН [Данилов, 2008].

Материалы и методы исследований.

В лабораторных экспериментах оценивались по инвазионной активности в отношении насекомых-хозяев культуры нематод вида *S. carpocapsae* штамм “*agriotos*” после многократного их культивирования на ИПС в условиях опытно-промышленного производства [Данилов и др., 2003].

Особенности поведения инвазионных личинок нематод оценивали путём заражения тест-насекомых – гусениц большой вошинной моли (*Galleria mellonella*). Гусеницы старших возрастов большой вошинной моли получены из лабораторной популяции.

Оценка зависимости инвазионной активности нематод *S. carpocapsae* от длительности культивирования на искусственных питательных средах проводилась по двум основным показателям: по интенсивности гибели тест-насекомых в зависимости от дозы нематод и числа пересевов (LD_{50} , LD_{90}) и по интенсивности проникновения инвазионных личинок внутрь тела насекомых в зависимости от дозы нематод и числа пересевов. Первый показатель позволяет определить минимальную дозу нематод, необходимую для ограничения численности целевого объекта, второй показывает, какая часть нематод, составляющих основу препарата, определяет его эффективность, определяемую по снижению численности целевого объекта после применения нематодного препарата.

Инвазионную активность оценивали по интенсивности гибели зараженных насекомых, которая находится в прямой зависимости от интенсивности проникновения (инвазионной активности) паразитов в тело хозяина [Веремчук, Данилов, 1978; Gaugler et al., 1990; Glaser, 1991]. Все культуры нематод испытывали в 4 дозах: 10, 30, 60 и 90 личинок на чашку Петри. В контроле вносили на фильтры воду без нематод. Все варианты опыта и контроль имели 3–5-кратную повторность. Во время учётов погибших насекомых выбирали из чашек, вскрывали на часовом стекле под бинокуляром МБС-10 и определяли причину их гибели. Обнаруженных нематод подсчитывали и таким образом устанавливали интенсивность их проникновения в хозяина, а оценку инвазионной активности энтомопатогенных нематод проводили по показателю LD_{50} в отношении гусениц вошинной моли.

Экспериментальные данные, получаемые в процессе исследований, подвергались статистической обработке, при этом в зависимости от характера распределения величин использовались параметрические (критерий Стьюдента) и непараметрические (критерий Вилкоксона-Манна-Уитни) критерии различий. Применяли дисперсионный и корреляционный анализы.

Результаты и обсуждение.

Результаты оценки интенсивности гибели насекомых в зависимости от дозы нематод и числа пересевов отражают зависимость доли погибших насекомых от дозы нематод (табл. 1, рис. 1).

Длительность культивирования нематодно-бактериального комплекса, о чем свидетельствуют полученные нами экспериментальные данные на протяжении 20 пересевов, незначительно отражается на инвазионной актив-

ности нематод. Показатель LD_{50} для нематодных культур 1, 3, 4, 5 и 6 пересевов составил в среднем от 25 до 34 нематод (таблица 1), а LD_{95} – 75–81 соответственно.

Уже при дозе 25 нематод на 10 насекомых отмечена их гибель на уровне 75%, тогда как у культур 1–6 пересевов при этой дозе наблюдалась гибель лишь 50–55%. С повышением дозы нематод интенсивность гибели соответствует показателям 1–6 пересева (рис.2).

Таблица 1. Вирулентность инвазионных личинок *S. carpocapsae* для гусениц большой вошинной моли в зависимости от числа пересевов нематод на ИПС

Летальная доза	Номер пересева на ИПС						
	1	3	4	5	6	20	40
LD_{50}	25.4 (6–45)	22.0 (7–38)	33.7 (11–56)	29.3 (14–44)	28.0 (13–44)	-	32.9 (14–52)
LD_{90}	65.5 (46–85)	73.9 (58–89)	73.6 (51–96)	67.7 (53–88)	72.8 (57–88)	66 (46–86)	-
LD_{95}	75.0 (35–95)	83.3 (68–98)	80.7 (58–103)	75.2 (60–90)	80.0 (64–96)	75 (55–95)	-

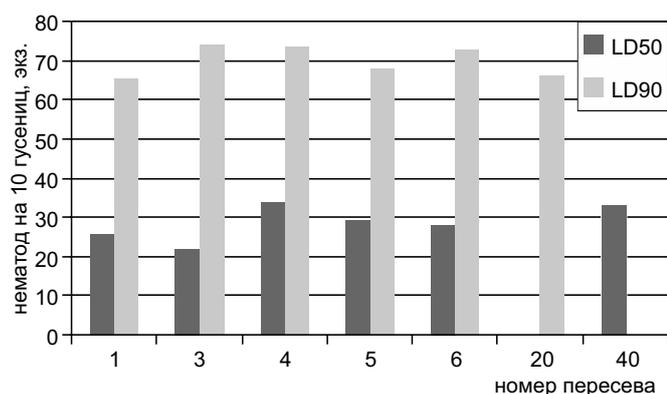


Рисунок 1. Показатели летальных доз инвазивных личинок *S. carpocapsae* для гусениц большой вошинной моли – *G. mellonella* в зависимости от числа пересевов на искусственных питательных средах

Культура нематод после 40 пересевов показала худшие результаты. При дозе приблизительно 30 нематод погибло около 50% насекомых, что примерно соответствует показателям предыдущих пересевов. Однако ожидаемого роста интенсивности гибели насекомых с увеличением дозы нематод практически не наблюдается.

Так, в диапазоне доз от 50 до 100 нематод процент гибели насекомых колебался между 65 и 68%.

Немаловажное значение при оценке активности культур нематод, полученных после многократного их культивирования на ИПС, имеет показатель интенсивности проникновения их инвазивных личинок при определенной их численности в зоне обитания тест-насекомого.

Результаты оценки влияния длительности культивирования нематод на ИПС на способность активно инвазировать насекомое-хозяина представлены в таблице 2 и рисунке 2. Среди культур нематод после 1–20 пересевов на ИПС доля активных личинок, то есть способных инвазировать хозяина, составила 45–55%. И только у нематод 6 пассажа этот показатель был несколько ниже (около 40%).

Худшие результаты по активности проникновения в насекомых показали нематоды после 40 их пересева на

ИПС. Количество инвазивных личинок, проникших в тест насекомое, в среднем не превышало 28% от общей численности нематод, присутствующих в зоне нахождения насекомых – хозяев.

Таблица 2. Влияние числа пересевов *S. carpocapsae* на активность проникновения их инвазивных личинок в тест-насекомых (*G. mellonella*)

№ пересева	Проникло в тест-насекомое инвазивных личинок нематод (% от дозы)
1	55.77±6.55 г
3	45.1±3.44 бвг
4	47.08±3.0 бвг
5	46.88±4.88 бвг
6	39.43±3.22 бв
20	52.5±3.16 г
40	27.88±3.62 а

Примечание: одинаковыми буквами обозначены достоверно не отличающиеся значения ($p > 0.05$ по критерию Стьюдента).

На основании экспериментальных данных нами также установлено, что количество личинок нематод, активно инвазирующих хозяина, зависит от численности нематод, находящихся в зоне нахождения насекомых (рис. 3).

У инвазивных личинок после разового культивирования нематод на ИПС отмечается рост процента особей, активно инвазировавших тест-насекомых до дозы 60 нематод. С увеличением численности нематод в зоне обитания насекомых отмечается снижение количества нематод проникающих в насекомых.

Аналогичные результаты поведения отмечены и у инвазивных личинок после 5 и 40 пересевов нематод на ИПС. При этом количество проникших в тест-насекомое инвазивных личинок при дозе 100 экземпляров на 10 насекомых соответствовало таковому при дозе 50.

В этой связи наиболее актуальны знания о том, каким образом на поведении этой стадии отражается многократное культивирование данных паразитов в условиях, отличающихся от условий их существования в природе.

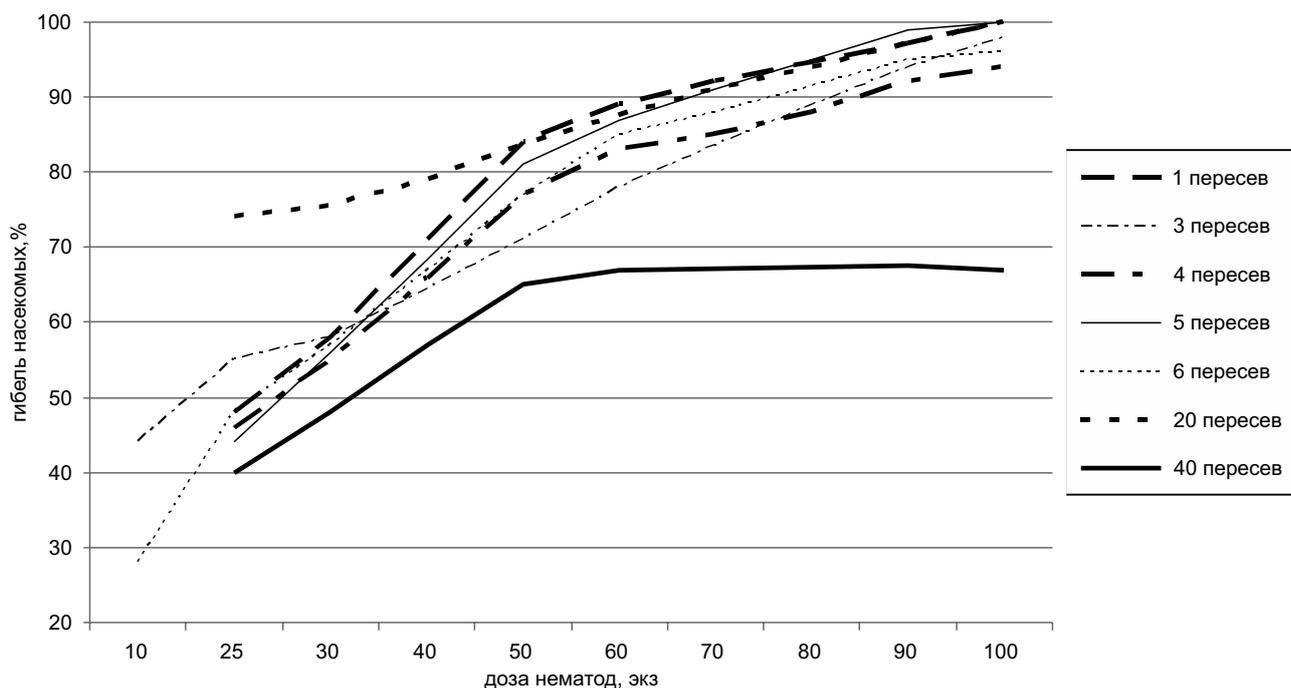


Рисунок 2. Зависимость вирулентности инвазивных личинок нематод *S. carpocapsae* от числа их пересевов на ИПС

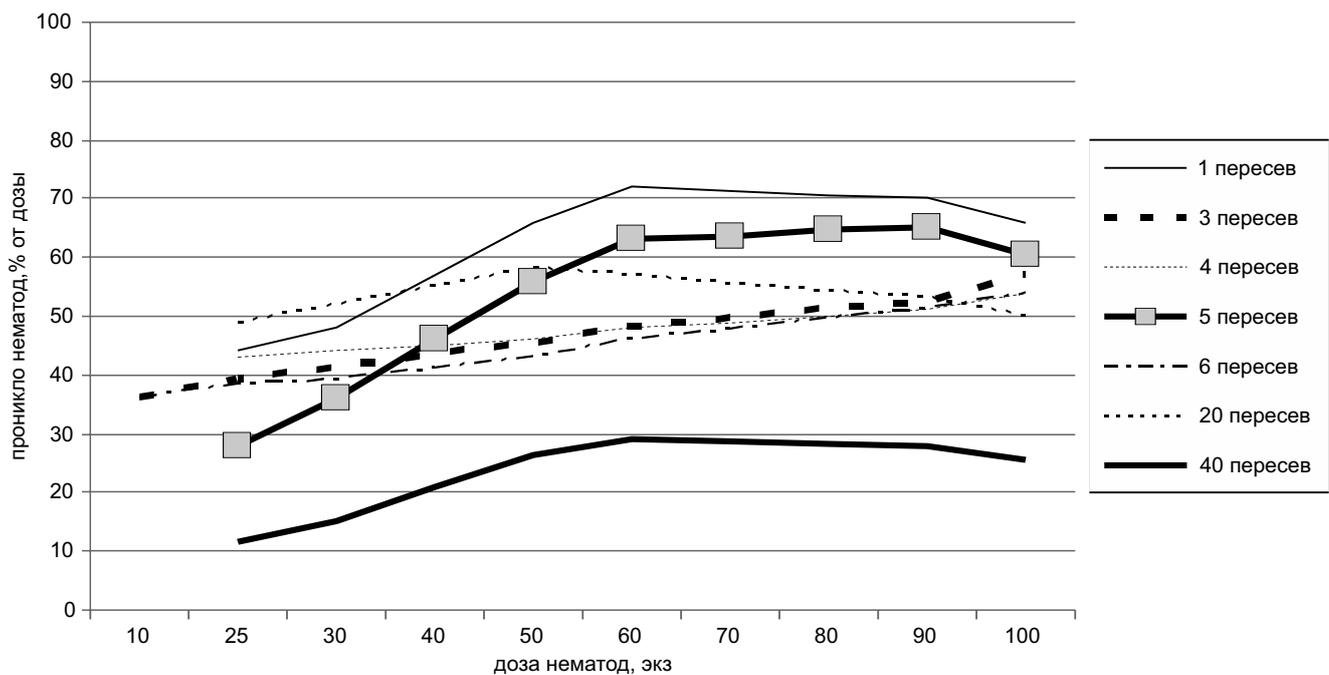


Рисунок 3. Инвазионная активность инвазионных личинок *S. carpocapsae* в зависимости от длительности культивирования в условиях промышленного производства и численности нематод в зоне обитания тест-насекомых

В коммерческих целях ЭПН наrabываются в количествах несопоставимых с другими паразитами или хищниками. Первоначально внимание исследователей было направлено на изучение возможностей повышения патогенности ЭПН в отношении насекомых в лабораторных условиях. Большим препятствием для генетического улучшения культур нематод является отсутствие исследований на генетической основе и определения связи эффективности нематод с определенными генетическими показателями.

Большинство известных видов и штаммов нематод выделены из единичных трупов насекомых в одной географической зоне. Поэтому в исходном образце малого размера содержится недостаточное количество аллелей, что значительно снижает генетическое разнообразие выделенного из природной популяции ЭПН изолята и становится реальной опасностью возникновения инбридинга. Проблема инбридинга, возникающая в малых популяциях, не рассматривается как серьезная в колониях большого размера в больших коммерческих программах наработок хищников и паразитов [Roush, 1990].

S. carpocapsae штамм «*agriotos*» в условиях опытно-технологической линии ВИЗР постоянно обновляется из живой коллекции ВИЗР, которая пополняется путем отлова нематод на тест-объект из природной популяции этих паразитов [Данилов, Айрапетян, Турицин, 2001]. При этом в одну выборку из природной популяции объединяются изоляты нематод, выращенные в трупах не менее 5–10 тест-насекомых, то есть первоначальный изолят нематод из природной популяции содержит сотни тысяч особей.

S. carpocapsae наrabывается в одном биореакторе в количестве 2.14×10^8 инвазионных личинок [Данилов, Айрапетян, 2004]. При таком количестве возможных скрещиваний в выбранном изоляте нематод не может проявиться инбридинг, даже если они выращиваются во многих генерациях. Однако здесь возникает опасность, что аллели, детерминирующие адаптацию нематод к полевым

условиям, при повышении гетерогенности популяции не проявляются.

Для ЭПН возможность неуправляемой селекции, вероятно, может иметь значение. Причиной может послужить то, что они редко культивируются в насекомом-хозяине, а культивируются в изолированных ёмкостях, что, возможно, может привести к подавлению аллелей, ответственных за поведение нематод в полевых условиях. Подтверждает сказанное информация по изучению поисковых способностей у различных штаммов нематод *S. carpocapsae* в полевых условиях.

При изучении влияния *S. carpocapsae* штамм «*agriotos*» на численность членистоногих в плодовых садах хозяйства «Виноградарь» (Ростовская область) нематоды были внесены в норме 500 тыс. инвазионных личинок на 1 м² поверхности почвы. При этом отмечалось максимальное снижение (до 50%) общей численности насекомых фитофагов на обработанном участке. Увеличение и уменьшение дозы нематод сопровождалось повышением численности фитофагов [Данилов и др., 2008]. В среде обитания II-го порядка, то есть вне тела насекомого-хозяина в почве, с возрастанием плотности популяции инвазионных личинок выше оптимальной начинают действовать факторы, регулирующие поведение и инвазионную активность нематод на макропопуляционном уровне, приводящие к тому, что большая часть инвазионных личинок впадает в инактивированное состояние.

Ранее было установлено, что у нематод *S. carpocapsae* штамма *A11*, прошедшего многократные пассажи через ИПС в коммерческих условиях, поисковые способности инвазионных личинок снизились вдвое по сравнению с исходной культурой. При испытаниях таких нематод в полевых условиях при десятикратном увеличении нормы расхода инвазионных личинок в расчете на 1 м² поверхности почвы биологическая эффективность нематод против личинок японского жука не превышала 50% [Gaugler, McGuire and Campbell, 1989].

В условиях промышленного производства препаратов на основе ЭПН, когда нематод длительно пересевают на искусственные среды без обновления культуры, неизбежно наступает ситуация, когда при проверке партий препарата на соответствие заявленным свойствам летальные дозы оказываются гораздо выше ожидаемых. В этом случае, чтобы достичь ожидаемого эффекта применения нематодных препаратов, производители вынуждены существенно повышать нормы расхода [Borgemeister et al., 2002; Simard et al., 2006]. Однако это ведет, с одной стороны, к удорожанию препарата, а с другой стороны увели-

чение нормы расхода может и не привести к повышению эффективности, так как при высокой численности особей в популяции нематод в ограниченном месте их обитания увеличивается и численность инактивированных особей. Вскрытые нами некоторые закономерности поведения инвазионной стадии ЭПН могут рассматриваться как значимые при определении возможностей использования ЭПН в биологическом контроле насекомых. Производимые же нематоды для реализации должны быть адаптированы ко многим факторам, включая и культивирование на ИПС.

Заключение

Изучение особенностей экологии и поведения инвазионных личинок ЭПН, прошедших многократные пересевы через искусственные питательные среды, с оценкой инвазионной активности и поисковых способностей нематод, позволило выявить ряд практически значимых результатов, которые могут быть взяты за основу при массовом размножении этих гельминтов и эффективном использовании в качестве биологических агентов в борьбе с насекомыми вредителями.

Существенное значение имеют полученные экспериментальные данные о том, что в процессе производства нематодных препаратов на искусственных питательных средах качество нематодных культур, оцениваемых по инвазионной активности, не претерпевает существенных изменений на протяжении 20 пассажей. У инвазионных личинок даже после однократного культивирования нематод на ИПС отмечается рост процента личинок, активно инвазивировавших тест-насекомых. Однако после увеличения численности нематод в зоне обитания насекомых до оптимальной величины отмечается снижение количества нематод, проникающих в насекомых.

Следовательно, с возрастанием численности инвазионных личинок в зоне обитания насекомых выше оптимальной начинают действовать факторы, регулирующие

поведение и инвазионную активность нематод на макропопуляционном уровне, приводящие к тому, что большая часть инвазионных личинок впадает в инактивированное состояние.

Многократные пересевы нематод на ИПС существенно отражаются на доле инвазионных личинок, активно проникающих в насекомого-хозяина в зависимости от их численности в зоне обитания последнего. Такая активность снижается у культур нематод после 30–40 - кратного их культивирования на ИПС, что в свою очередь будет сопровождаться снижением эффективности нематодных препаратов и указывать на необходимость увеличения норм их расхода, однако повышения эффективности от применения нематодных препаратов в этом случае не следует ожидать.

Вскрытые закономерности поведения инвазионных личинок ЭПН в почве свидетельствуют о необходимости постоянного контроля качества нематодной культуры в процессе её массового производства на ИПС и своевременного обновления посевной культуры инвазионных личинок из коллекционного материала путем получения чистых отселектированных маточных культур симбиотических бактерий и моноксенных культур инвазионных личинок нематод.

Библиографический список (References)

- Веремчук Г.В., Данилов Л.Г. Об определении инвазионной активности *Neoraplectana carpocapsae* Weiser (Steinernematidae) / Г.В. Веремчук, Л.Г. Данилов // Тез. докл. Всес. научн. конф. Микробиологические методы борьбы. Кишинев. 1976. С. 132–134.
- Данилов Л.Г. Методические подходы к процессам изучения особенностей биологии энтомопатогенных нематод (Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) и технологические решения эффективного их использования в качестве средств биологической защиты растений / Л.Г. Данилов // ООО «Инновационный центр защиты растений». «ВИЗР, С.-Петербург-Пушкин, 2003. 32 с.
- Данилов Л.Г. Разработка и практическое использование биологических препаратов на основе энтомопатогенных нематод для защиты растений // Сборн. «Теоретические основы разработки биологических средств защиты растений, новые отселектированные формы полезных организмов, технологии изготовления биологических средств защиты растений и их применение» / Л.Г. Данилов // Москва, 2004. С. 32–52.
- Данилов Л.Г. Немабакт и энтонем-F - биологические препараты на основе энтомопатогенных нематод / Л.Г. Данилов // «Овощеводство и тепличное хозяйство». 2008. N 12. С. 43–45.
- Данилов Л.Г., Айрапетян В.Г., Нашекина Т.Ю., Турицин В.С. Оптимизация процесса культивирования энтомопатогенных нематод семейства Steinernematidae (Nematoda: Rhabditida) на искусственных питательных средах с использованием инертного носителя / Л.Г. Данилов, В.Г. Айрапетян, Т.Ю. Нашекина, В.С. Турицин // Вестник защиты растений, 2003. N 1. С. 54–58.
- Данилов Л.Г., Махоткин А.Г., Васильев С.В., Турицин В.С. Взаимодействие энтомопатогенных нематод *Steinernema carpocapsae* с фауной членистоногих и природными популяциями этих паразитов в биотопе плодового сада / Л.Г. Данилов, А.Г. Махоткин, С.В. Васильев, В.С. Турицин // Паразитология. 2008, том 42(2). С. 129–138.
- Данилов Л.Г., Павлюшин В.А. Состояние, перспективы изучения и практического использования энтомопатогенных нематод (Steinernematidae) и их симбиотических бактерий (*Xenorhabdus*) против насекомых и возбудителей заболеваний растений / Л.Г. Данилов, В.А. Павлюшин // Вестник защиты растений, 2015. 3(85). С. 10–15.
- Bai C, Shapiro-Ilan DI, Gaugler R, Yi S. Effect of entomopathogenic nematode concentration on survival during cryopreservation in liquid nitrogen // Journal of Nematology. 2004. 36. P 281–284.
- Bai C., Shapiro-Ilan DI, Gaugler R., Hopper K.R. Stabilization of beneficial traits in *Heterorhabditis bacteriophora* through creation of inbred lines // Biological Control. 2005. 32. P. 220–227.
- Bilgrami A.L., Gaugler R., Shapiro-Ilan D.I., Adams B.J. Source of trait deterioration in entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae* during *in vivo* culture // Nematology. 2006. 8. P. 397–409.
- Borgemeister C., Ebssa L., Premachandra D. et al. Biological control of soil-dwelling life stages of Western Flower Thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) by entomopathogenic nematodes and *Hypoaspis* spp. (Acari: Laelapidae). Integrated Control in Protected Crops, Temperate Climate IOC/wprs Bulletin. 2002. Vol. 25. P. 29–32.
- Chaston J.M., Dillman A.R., Shapiro-Ilan DI, Bilgrami AL, Gaugler R., Hopper K.R., Adams B.J. Outcrossing and crossbreeding recovers deteriorated traits in laboratory cultured *Steinernema carpocapsae* nematodes // International Journal of Parasitology. 2011. 41 P. 801–809.

- Gaugler R., McGuire T., Campbel J. Genetic variability among streins of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* // J. Nematol. 1989. Vol.21. N 2. P. 247–253.
- Glaser I., Galper S., Sharon E. Virulence of the nematode (Steinernematids and Heterorhabditids) - bacteria (*Xenorhabdus* spp.) complex to the Egyptian cotton leafworm *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) // J. Invertebr. Patholog. 1991. Vol. 57. N 3. P. 94–100.
- Lawrence J.L., Hoy C.W., Grewal P.S. Spatial and temporal distribution of endemic entomopathogenic nematodes in a heterogeneous vegetable production landscape // Biological Control. 2006. Vol.37. Is. 3. P. 247–255.
- Lewis E.E., Campbel J., Griffin C. et al. Behavioral ecology of entomopathogenic nematodes // Biological Control. 2006. Vol. 38. N 1. P. 47–53.
- Roush R.T. Genetic considerations in the propagations of entomopathogenic species // See Ref. 1990. Vol. 11. P. 373–378.
- Shapiro-Ilan D.I., Glazer I., Segal D. Trait stability and fitness of the heat tolerant entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* IS5 strain // Biological Control. 1996a, 6. P. 238–244.
- Stuart R.J., Gaugler R. Patchiness in populations of entomopathogenic nematodes // J. Invertebr. Pathol. 1994. Vol. 64. P. 39–45.
- Wang X., Grewal P.S. Rapid genetic deterioration of environmental tolerance and reproductive potential of an entomopathogenic nematode during laboratory maintenance // Biological Control. 2002. 23. P. 71–78.

Translation of Russian References

- Danilov L.G. Methodological approaches to the study of biology characteristics of processes of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae, Heterorhabditidae) and technological solutions for effective use as means of biological control. St. Petersburg, Innovatsionnyi centr zashchity rastenii VIZR, 2003. 32 p. (In Russian).
- Danilov L.G. Development and practical use of biological preparations based on entomopathogenic nematodes for plant protection. In: Teoreticheskie osnovy razrabotki biologicheskikh sredstv zashchity rastenii, novye otsektirovannye formy poleznykh organizmov, tekhnologii izgotovleniya biologicheskikh sredstv zashchity rastenii i ikh primeneniye. Moscow, 2004. P. 32–52. (In Russian).
- Danilov L.G. Nemabakt and Entonem-F biological preparations based on entomopathogenic nematodes. Ovoshhevodstvo i teplichnoe hozjajstvo. 2008. N. 12. P. 43–45. (In Russian).
- Danilov L.G., Airapetyan V.G., Nashekina T.Y. Turitsyn V.S. Process of cultivation optimization of entomopathogenic nematodes of the
- family Steinernematidae (Nematoda: Rhabditida) on artificial nutrient environments using inert carrier. Vestnik zashchity rastenii. 2003. N. 1. P. 54–58. (In Russian).
- Danilov L.G. Makhotkin A.G., Vasiliev S.V., Turitsyn V.S. Entomopathogenic nematodes *Steinernema carpocapsae* interaction with fauna of arthropods and natural populations of these parasites in biotope of fruit garden. Parazitologiya. 2008. V. 42 (2). P. 129–138. (In Russian).
- Danilov L.G., Pavlyushin V.A. Prospects for state examination and practical use of entomopathogenic nematodes (Steinernematidae) and their symbiotic bacteria (*Xenorhabdus*) against insects and pathogens of plants. Vestnik zashchity rastenii. 2015. N 3(85). P. 10–15. (In Russian).
- Veremchuk G.V., Danilov L.G. On definition of invasive activity of *Neoapectana carpocapsae* Weiser (Steinernematidae). In: Tez. dokl. Vses. nauchn. konf. Mikrobiologicheskie metody bor'by. Kishinev. 1976. P. 132–134.

Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 66–71

BEHAVIOUR AND INVASIVE ACTIVITY OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES DEPENDING ON CONDITIONS OF CULTIVATION ON ARTIFICIAL NUTRIENT MEDIUM

L.G. Danilov¹, V.S. Turitsyn²

¹All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

²Saint Petersburg State Agricultural University, Russia

When using entomopathogenic nematodes in biological control, the knowledge on free-living invasive stage behavior is important. In this context, the most relevant information on this stage is the repeated cultivation of those parasites on artificial nutrient media (ANM). In laboratory experiments, the invasive activity of *Steinernema carpocapsae* strain *agriotos* is examined after repeated cultivation on the ANM at the industrial production. During the cultivation of nematodes on the ANM after 20 transfers, insignificant effect on invasive activity of nematode larvae is found, reaching 45–55%. The number of invasive larvae migrating into test-insects after 40 transfers on the ANM does not exceed 28% of nematodes, on the average, found in the area of host insects. This decline in the nematode number is accompanied by a decrease in the efficiency of nematode drugs that point out the necessity of adjustment of their dose during testing or in their practical use.

Keywords: entomopathogenic nematode; *Steinernema carpocapsae*; invasive activity; cultivation; artificial nutrient medium.

Сведения об авторах

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

*Данилов Леонид Григорьевич. Ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: biodan@mail.ru

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

Турицин Владимир Сергеевич. Доцент, кандидат биологических наук, e-mail: turicin_spb@mail.ru

Information about the authors

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

*Danilov Leonid Grigorievich. Leading researcher, DSc in Agriculture, e-mail: biodan@mail.ru

St. Petersburg State agricultural University, Petersburgskoe shosse, 2, 196601, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation

Turitsyn Vladimir Sergeevich. PhD in Biology, e-mail: turicin_spb@mail.ru

* Ответственный за переписку

* Responsible for correspondence

УДК 632.937.12

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОДУКТОВ МЕТАБОЛИЗМА СИМБИОТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ НЕМАТОД ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

Н.Е. Агансонова

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

В статье приведена оценка биологической эффективности продуктов метаболизма симбиотических бактерий (*Xenorhabdus*, Enterobacteriaceae) энтомопатогенных нематод при защите картофеля *Solanum tuberosum* L. против парши обыкновенной *Streptomyces scabies* Waks. & Henr., изучено влияние лабораторного образца нового микробиологического препарата на растение, урожайность культуры, товарность и качество клубней. Используемые методы исследований: спектрофотометрический, перманганатный, измерительный, сплошной копки, весовой, термостатно-весовой, кислотного гидролиза, титриметрический с визуальным титрованием и дисперсионный. На опытном поле ВИЗР установлено, что предпосадочная обработка почвы (из расчета 1000 л/га), клубней (10 л/т клубней) и вегетирующих растений в фазу всходов (200 л/га) продуктами метаболизма симбиотических бактерий энтомопатогенных нематод (водная суспензия, титр 10^7 клеток/мл, 30 мл/л) снижает распространенность и развитие парши обыкновенной на естественном инфекционном фоне на 96.9–97%; увеличивает всхожесть посадочных клубней на 7.6%; высоту растений в фазу всходов на 17%, бутонизации – на 15%, цветения – на 21%; содержание в листьях фотосинтетических пигментов – хлорофиллов (*a+b*) на 3.9 в фазу всходов, на 4.3% – в фазу бутонизации и каротиноидов на 1.9–2.6%, соответственно; урожайность картофеля на 26%; товарность клубней на 8%. Обработка улучшает биохимические показатели качества товарных клубней, увеличивая содержание крахмала на 5.6% и витамина С на 11.3%. Перспективно применение продуктов метаболизма симбиотических бактерий энтомопатогенных нематод в интегрированной защите семенного и продовольственного картофеля против парши обыкновенной в период вегетации.

Ключевые слова: продукты метаболизма симбиотических бактерий энтомопатогенных нематод, картофель, парша обыкновенная, биологическая эффективность, хлорофилл, каротиноиды, урожайность, крахмал, витамин С.

В современных технологиях защиты картофеля, одной из важнейших сельскохозяйственных культур, против болезней, поражающих культуру до появления всходов, во время вегетации и в период хранения, существует ограниченный ассортимент зарегистрированных экологически безопасных препаратов.

Введение препаратов с коммерческим названием “Хитозар” в системы интегрированной защиты картофеля, составляющие основу современной защиты растений как одного из важнейших элементов растениеводства [Павлюшин и др., 2013], снижает биоцидную нагрузку на полезные микроорганизмы агробиоценозов и скорость формирования устойчивых к фунгицидам популяций возбудителей болезней [Тютюрев, 2014]. Особый интерес представляют препараты, индуцирующие в растениях устойчивость к болезням и физиологическим стрессам [Тютюрев, 2015].

Микробиологическая защита культур от вредителей и болезней является важнейшей частью биологической защиты [Павлюшин, 1998]. Продукты метаболизма *Xenorhabdus* – симбиотических бактерий энтомопатогенных нематод (Rhabditida, Steinernematidae) обладают полифункциональным действием и перспективны для пополнения ассортимента экологически безопасных средств защиты растений от болезней [Агансонова и др., 2009].

Так, в опытах *in vitro* в 2006–2007 гг. продукты метаболизма симбиотических бактерий р. *Xenorhabdus* с. Enterobacteriaceae энтомопатогенных нематод показали высокую активность против 5 видов возбудителей болезней: *Fusarium solani*, *F. culmorum*, *F. oxysporum*, *Alternaria solani*, *Bipolaris sorokiniana*, ингибируя рост фитопатогенов на 75–90% [Агансонова и др., 2008; 2009].

В 2008 г. в модельном опыте (метод влажной камеры) установлено, что предпосевная обработка семян томата продуктами метаболизма симбиотических бактерий энтомопатогенных нематод (ПМСБ ЭН) снижает заражение проростков фузариозной инфекцией, вызванной *F. oxysporum*, увеличивает энергию прорастания семян, всхожесть, оказывает ростстимулирующее действие [Агансонова и др., 2009].

Зарубежными исследователями отмечена эффективность симбиотических бактерий р. *Xenorhabdus* против 7 видов патогенных грибов *B. sorokiniana*, *F. graminearum*, *F. moniliforme*, *Cordana musae* (Zimm) Hohn, *Colletotrichum gloeosporioides*, *A. solani* and *Alternaria alternata* (Fries) Keissler [Huan Wang et al, 2011], а также против увядания томатов, вызванного *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* [Inam-Ul-Haq et al, 2007].

При обработке картофеля ПМСБ ЭН установлено снижение распространенности и развития фитофтороза – возбудитель *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, увеличение активности ферментов антиоксидантной системы растений, урожайности, улучшение качества клубней нового урожая [Агансонова, 2015a,b].

Разработка технологии применения новых перспективных микробиологических препаратов против возбудителя парши обыкновенной *Streptomyces scabies* Waks. & Henr., снижающей урожайность и ухудшающей качество клубней, для включения в системы интегрированной защиты картофеля особенно актуальна.

Цель работы – оценка биологической эффективности ПМСБ ЭН против парши обыкновенной на картофеле, изучение влияния на растение, урожайность и основные биохимические показатели качества клубней.

Материалы и методы исследований

Мелкоделяночные опыты проводились на картофеле сорта Памяти Осиповой на опытном поле Тосненского филиала ВИЗР

(Ленинградская область, Тосненский район, с. Ушаки, 2011 г.) и опытном поле ВИЗР (Пушкинский район, г. Санкт-Петербург,

2015 г.). Размер опытных делянок 15 м². Расположение делянок рендомизированное. Повторность опытов 4–кратная.

Лабораторный образец ПМСБ, представляющий бактериальную суспензию, состоящую из продуктов метаболизма симбиотических бактерий и клеток *Xenorhabdus bovienii* нового подвида энтомопатогенных нематод *Steinernema feltiae protense* subsp. N. [Иванова и др., 2001] (водная суспензия, титр 10⁷ клеток/мл, 30 мл/л) получен от группы по энтомопатогенным нематодам лаборатории микробиологической защиты растений ВИЗР.

Водной суспензией ПМСБ ЭН проводили предпосадочную обработку почвы (расход рабочей жидкости из расчета 1000 л/га), клубней (10 л/т клубней) и вегетирующих растений в фазу всходов (200 л/га) ПМСБ ЭН при совместном применении. Вариант опыта сравнивали с обработкой ПМСБ ЭН отдельно почвы (пролив борозды при посадке картофеля), клубней, почвы и клубней, вегетирующих растений в фазу всходов. В контроле оценивали растения картофеля, обработанные водой и без обработки, выращенные в тех же условиях.

Оценку эффективности применения ПМСБ ЭН на картофеле проводили по следующим показателям: распространенность и развитие парши обыкновенной (клубневой анализ предпосадочный и нового урожая); всхожесть клубней; высота растений в

фазу всходов, бутонизации, цветения; содержание основных фотосинтетических пигментов хлорофиллов (*a+b*), каротиноидов в листьях в фазу всходов и бутонизации; урожайность; товарность клубней; биохимические показатели качества товарных клубней (содержание крахмала, витамина С, суммы сахаров).

При оценке перечисленных показателей использовали методы: спектрофотометрический – для определения содержания хлорофиллов (*a+b*), каротиноидов [Починок, 1976]; перманганатный (Бертрана) – сумма сахаров [Минеев, 2001]; термостатно–весовой – сухого вещества для перерасчета содержания пигментов [Сибгатуллина и др., 2011]; кислотного гидролиза – крахмала [Петербургский, 1968]; титриметрический с визуальным титрованием – витамина С [ГОСТ 24556-89]; измерительный – при оценке высоты растений; сплошной копки и весовой – при учете урожайности картофеля.

Распространенность и развитие парши обыкновенной оценивали по общепринятым формулам, биологическую эффективность – по Хендерсону и Тилтону.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили дисперсионным методом с использованием программы ANOVA. Значения с разными буквенными индексами внутри графы достоверно различались при $p \leq 0.05$.

Результаты исследований

Предпосадочная обработка почвы, клубней и вегетирующих растений в фазу всходов картофеля ПМСБ ЭН против парши обыкновенной на опытном поле Тосненского

филиала ВИЗР снижала распространенность и развитие парши обыкновенной на клубнях нового урожая картофеля на 99% (табл. 1).

Таблица 1. Биологическая эффективность применения ПМСБ ЭН против парши обыкновенной *Str. scabies* на картофеле (опытное поле Тосненского филиала ВИЗР, 2011)

Способ обработки	Парша обыкновенная				Снижение распространенности и развития болезни с поправкой на контроль, %
	Распространенность, %		Развитие, %		
	до обработки	после	до обработки	после	
1. Почвы, клубней при посадке и растений в фазу всходов*	23.0	0.25 (b)	9.2	0.2(b)	99–98.5
Контроль	20.8	27.0 (a)	9.6	13.8 (a)	–
1а. Почвы, клубней при посадке и растений в фазу всходов*	23.0	0.5 (b)	7.2	0.4 (b)	99–96
Контроль (без обработки ПМСБ ЭН)	17.8	25.0 (a)	8.0	11.0 (a)	–
2. Почвы при посадке клубней*	17.5	7.0 (b)	4.4	4.4 (b)	66–52
Контроль	20.5	24.0 (a)	5.6	10.8 (a)	–
3. Клубней при посадке*	24.0	15.0 (b)	6.4	8.0 (b)	51–50
Контроль	19.8	25.5 (a)	7.8	12.4 (a)	–
4. Почвы и клубней при посадке*	24.0	3.0 (b)	1.5	0.4 (b)	88–80
Контроль	25.3	26.0 (a)	8.0	11.0 (a)	–
5. Растений в фазу всходов*	23.0	17.0 (b)	9.2	10.8(b)	37–30
Контроль	21.3	24.8 (a)	7.2	12.0 (a)	–

*ПМСБ ЭН (водная суспензия, титр 10⁷ клеток/мл, 30 мл/л).

На опытном поле ВИЗР обработка почвы, клубней при посадке и вегетирующих растений в фазу всходов способствовала увеличению всхожести клубней на 7.6% по сравнению с контролем (табл. 2). Необходимо отметить, что в опытном варианте всходы картофеля появились на 4–5 дней раньше. ПМСБ ЭН стимулировали рост растений – в фазу всходов на 17%, бутонизации – на 15%, цветения – на 21%.

Представленные в таблице 3 результаты свидетельствуют о том, что ПМСБ ЭН увеличивают содержание основных фотосинтетических пигментов (хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов) в листьях растений. Установлено увеличение содержания хлорофиллов (*a+b*) на 3.9 в фазу всходов, на 4.3% – в фазу бутонизации и каротиноидов на 1.9–2.6% соответственно.

Таблица 2. Влияние ПМСБ ЭН на всхожесть и рост растений картофеля (опытное поле ВИЗР, 2015)

Вариант	Всхожесть, %	Высота растений по фазам, см		
		всходов	бутонизации	цветения
Контроль	92±0.9(a)	12.8±0.8(a)	23.1±1.0(a)	37.0±1.2(a)
ПМСБ ЭН*	99±0.4(b)	15.0±1.0(b)	26.6±1.2(b)	44.8±1.5(b)

*Обработка почвы, клубней при посадке и вегетирующих растений в фазу всходов (водная суспензия, титр 10⁷ клеток/мл, 30 мл/л).

Анализ результатов показал снижение распространенности и развития парши обыкновенной на естественном инфекционном фоне на клубнях нового урожая на 96.9–97%, соответственно (табл. 4).

Таблица 3. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях картофеля после применения ПМСБ ЭН (опытное поле ВИЗР, 2015)

Вариант	Содержание фотосинтетических пигментов в листьях, мг/г сухой массы			каротиноидов
	хлорофиллов <i>a</i> и <i>b</i> (<i>a+b</i>)	<i>a</i>	<i>b</i>	
в фазу всходов				
Контроль	10.3±0.05(a)	7.7±0.05(a)	2.6±0.03(a)	3.20±0.03(a)
ПМСБ ЭН*	10.7±0.13(b)	8.0±0.04(b)	2.7±0.03(b)	3.26±0.01(b)
в фазу бутонизации				
Контроль	9.3±0.04(a)	7.4±0.02(a)	1.9±0.02(a)	1.9±0.02(a)
ПМСБ ЭН*	9.7±0.07(b)	7.5±0.03(b)	2.2±0.1(b)	1.95±0.01(b)

*Обработка почвы, клубней при посадке и вегетирующих растений в фазу всходов (водная суспензия, титр 10⁷ клеток/мл, 30 мл/л).

Таблица 4. Биологическая эффективность применения ПМСБ ЭН против *Str. scabies* на естественном инфекционном фоне (опытное поле ВИЗР, 2015)

Вариант	Распространенность болезни, %		Развитие, %		Снижение распространенности и развития болезни с поправкой на контроль, %
	до обработки	после	до обработки	после	
Контроль	2.0±0.4(a)	16.3±2.1(a)	0.4±0.16(a)	7.6±0.18(a)	–
ПМСБ ЭН*	2.0±0.8(a)	0.5±0.3(b)	0.4±0.08(a)	0.2±0.08(b)	96.9–97

*Обработка почвы, клубней при посадке и вегетирующих растений в фазу всходов (водная суспензия, титр 10⁷ клеток/мл, 30 мл/л).

Таблица 5. Влияние ПМСБ ЭН на урожайность, товарность клубней и биохимические показатели качества товарных клубней нового урожая картофеля (опытное поле ВИЗР, 2015)

Вариант	Урожайность, г/растение	Товарность клубней, %	Содержание в товарных клубнях		
			крахмала, %	витамина С, мг%	суммы сахаров, %
Контроль	760.0±9.1(a)	90.6±1.1(a)	12.5±0.2(a)	10.6±0.1(a)	0.8±0.05(a)
ПМСБ ЭН*	957.5±16.5(b)	98.1±0.4(b)	13.2±0.2(b)	11.8±0.3(b)	0.9±0.09(a)

*Обработка почвы, клубней при посадке и вегетирующих растений в фазу всходов (водная суспензия, титр 10⁷ клеток/мл, 30 мл/л).

Урожайность картофеля после применения ПМСБ ЭН увеличилась на 26% и товарность клубней – на 8% (табл. 5). Результаты оценки биохимических показателей товарных клубней нового урожая свидетельствуют об увеличении содержания крахмала на 5.6% и витамина С на 11.3%. Содержание суммы сахаров не изменилось.

Увеличение активности высокомолекулярного компонента антиоксидантной системы – фермента пероксидазы [Агансонова, 2015b] и содержания низкомолекулярных

антиоксидантов – каротиноидов, витамина С, а также содержания хлорофиллов *a* и *b* свидетельствует о перспективности применения ПМСБ ЭН для активации естественных механизмов защиты растений и фотосинтетического аппарата растений с целью повышения урожайности в системах интегрированной защиты картофеля семенного и продовольственного картофеля.

Таким образом, обработка почвы (из расчета 1000 л/га), клубней (10 л/т клубней) и вегетирующих растений картофеля в фазу всходов (200 л/га) ПМСБ ЭН (водная суспензия, титр 10⁷ клеток/мл, 30 мл/л) против парши обыкновенной на опытном поле ВИЗР в условиях вегетационного периода 2015 г. снижала распространенность и развитие болезни на клубнях нового урожая; стимулировала рост растений; увеличивала всхожесть посадочных клубней, содержание фотосинтетических пигментов хлорофиллов (*a+b*) и каротиноидов, урожайность, товарность клубней; улучшала основные показатели качества товарных клубней, увеличивая содержание крахмала и витамина С.

Использование ПМСБ ЭН против парши обыкновенной в экологизированной антирезистентной системе интегрированной защиты картофеля перспективно для защиты растений от болезни, предотвращения передачи фитопатогенных стрептомицетов через почву и посадочный материал, повышения устойчивости растений к фитопатогенам при выращивании культуры и получения высокого качественного урожая.

Библиографический список (References)

- Агансонова Н.Е. Активность продуктов метаболизма *Xenorhabdus* – симбиотических бактерий энтомопатогенных нематод (Rhabditida, Steinernematidae) и нематодно – бактериальных комплексов против возбудителей болезней растений / Н.Е. Агансонова, Л. Г. Данилов, Н.П. Шпилова // Проблемы защиты растений в условиях современного сельскохозяйственного производства: матер. науч. конф. Санкт-Петербург: Всерос. НИИ защиты растений. 2009. С. 3–5.
- Агансонова Н.Е. Активность продуктов метаболизма *Xenorhabdus* – симбиотических бактерий энтомопатогенных нематод (Rhabditida, Steinernematidae) против возбудителей болезней растений / Н.Е. Агансонова, Л. Г. Данилов, О.Г. Селицкая // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем (Краснодар, 23–25 сентября 2008 г.): матер. междунар. науч. – практич. конф. Краснодар. 2008. Вып. 5. С. 187–188.
- Агансонова Н.Е. Влияние продуктов метаболизма симбиотических бактерий энтомопатогенных нематод на урожай картофеля / Н.Е. Агансонова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015а. N3. <http://processes.ihbt.ifmo.ru/file/article/13943.pdf>.
- Агансонова Н.Е. Нематодно–бактериальный комплекс для защиты картофеля от проволочников и фитофтороза / Н.Е. Агансонова // Защита и карантин растений. 2015b. N11. С. 35–36.
- ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С // Дата введения: 01.01.90. М.: ИПК Издательство стандартов. 1990. 10 с.
- Иванова Т.С. Новый подвид энтомопатогенных нематод *Steinernema feltiae protense* subsp. N. (Nematoda: Steinernematidae) из Якутии / Т.С. Иванова, Л.Г. Данилов, О.А. Ивахненко // Паразитология. 2001. N4. С. 333–337.
- Минеев В.Г. (ред.) Практикум по агрохимии: учеб. пособие / под ред. В.Г. Минеева, 2-е изд., перераб. и доп., Москва: МГУ. 2001. 689 с.

- Павлюшин В.А. Научные основы использования энтомопатогенов и микробов-антагонистов в фитосанитарной оптимизации тепличных агробиоценозов: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. СПб: ВИЗР, 1998. 66 с.
- Павлюшин В.А. Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем / В.А. Павлюшин и др. // Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем: матер. третьего Всерос. съезда по защите растений. Санкт-Петербург: 2013. Т.1. С.150–158.
- Петербургский А.В. Практикум по агрономической химии: учебное пособие для сельскохозяйственных вузов / А.В. Петербургский. 6-е изд., перераб. и доп. Москва: Колос. 1968. 496 с.
- Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений / Х.Н. Починок // Киев: Наукова думка. 1976. 334 с.
- Сибгатуллина Г.В. Методы определения редокс-статуса культивируемых клеток растений: учебно-методическое пособие / Г.В. Сибгатуллина и др. Казань: Казанский (Приволжский) Федеральный университет. 2011. 61 с.
- Тютюрев С.Л. Природные и синтетические индукторы устойчивости растений к болезням / С.Л. Тютюрев; ред. В.А. Павлюшин. Санкт-Петербург: Родные просторы, 2014. 212 с.
- Тютюрев С.Л. Экологически безопасные индукторы устойчивости растений к болезням и физиологическим стрессам / С.Л. Тютюрев // Вестник защиты растений. 2015. N1. С.3–13.
- Inam-Ul-Haq M. Antagonistic potential of bacterial isolates associated with entomopathogenic nematodes against tomato wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp., *lycopersici* under greenhouse conditions / M. Inam-Ul-Haq, S.R. Gowen, N. Javed, F. Shahina, M. Izhar-Ul-Haq, N. Humayoon, B. Pembroke // Pak. J. Bot. 2007. Vol. 39(1), PP. 279–283.
- Huan Wang. Antibiotic activity of bacterial isolates associated with entomopathogenic nematodes / Huan Wang, Yan-Qun Liu, Hui Dong, Li Qin, Bin Cong, Tian-Lai Li // African Journal of Microbiology Research. November, 2011. Vol. 5(28), PP. 5039–5045.

Translation of Russian References

- Agansonova N.E. Influence of products of metabolism of symbiotic bacteria of entomopathogenic nematodes on potato yield. Nauchny zhurnal NIU ITMO. Seriya «Processy i apparaty pishchevyykh proizvodstv». 2015. N3. <http://processes.iibt.ifmo.ru/file/article/13943.pdf>.
- Agansonova N.E. Nematode-bacterial complex for protection of potatoes against elaterids and late blight. Zashchita i karantin rastenij. 2015. N 11. P. 35–36. (In Russian).
- Agansonova N.E., Danilov L.G., Selitskaya O.G. Activity of products of metabolism of Xenorhabdus-symbiotic bacteria of entomopathogenic nematodes (Rhabditida, Steinernematidae) against causative agents of diseases of plants. In: Biologicheskaya zashchita rastenii – osnova stabilizatsii agroekosistem (Krasnodar, 23–25 sentyabrya 2008 g.): mater. mezhdunar. nauch.–praktich. konf. Krasnodar. 2008. N 5. P. 187–188. (In Russian).
- Agansonova N.E., Danilov L.G., Shipilova N.P. Activity of products of metabolism of Xenorhabdus-symbiotic bacteria of entomopathogenic nematodes (Rhabditida, Steinernematidae) and nematode-bacterial complexes against causative agents of diseases of plants. In: Problemy zashchity rastenij v usloviyah sovremennogo sel'skhozoyajstvennogo proizvodstva: mater. nauch. konf. St. Petersburg: Vseros. NII zashchity rastenij. 2009. P. 3–5. (In Russian).
- GOST 24556-89. Products of conversion of fruits and vegetables. Vitamin C determination. Mjscow, IPK Izdatel'stvo standartov. 1990. 10 p. (In Russian).
- Ivanova T.S., Danilov L.G., Ivahnenko O.A. New subspecies of entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae protense* subsp. N. Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 72–75
- (Nematoda: Steinernematidae) from Yakutia. Parazitologiya. 2001. N 4. P. 333–337. (In Russian).
- Mineev V.G. (Ed.). Workshop on agrochemistry: manual, 2nd ed. Moscow: MGU, 2001, 689 p. (In Russian).
- Pavlyushin V.A. Phytosanitary optimization of agroecosystems. In: Mater. tret'ego Vseros. s'ezda po zashchite rastenii. St. Petersburg: 2013. V. 1. P. 150–158. (In Russian).
- Pavlyushin V.A. Scientific bases of use of entomopathogens and microbe antagonists in phytosanitary optimization of hothouse agrobiocenoses. Avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk. Saint Petersburg: VIZR, 1998. 66 p. (In Russian).
- Peterburgskii A.V. Workshop on agronomical chemistry: manual for agricultural higher education institutions. 6th ed. Moscow: Kolos. 1968. 496 p. (In Russian).
- Pochinok H.N. Methods of biochemical analysis of plants. Kiev: Naukova dumka, 1976, 334 p. (In Russian).
- Sibgatullina G.V. et al. Methods of determination of the redox-status of the cultivated cells of plants: educational and methodical manual. Kazan: Kazanskii (Privolzhskii) Federalnyi universitet. 2011. 61 p. (In Russian).
- Tyuterev S.L. Ecologically safe inductors of resistance of plants to diseases and physiological stresses. Vestnik zashchity rastenii. 2015. N 1. P. 3–13. (In Russian).
- Tyuterev S.L. Natural and synthetic inductors of resistance of plants to diseases. St. Petersburg: Rodnye prostory, 2014. 212 p. (In Russian).

EFFICIENCY OF METABOLIC PRODUCTS OF SYMBIOTIC BACTERIA OF ENTOMOPATHOGENIC NEMATODES AT POTATO CULTIVATION

N.E. Agansonova

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

The influence of metabolic products of symbiotic bacteria (*Xenorhabdus*, Enterobacteriaceae) of entomopathogenic nematodes on the yield and quality of potato *Solanum tuberosum* L. is studied. Biological efficiency of application of the metabolic products against common scab *Streptomyces scabies* Waks. & Henr. is shown. The use of metabolic products of suppresses the development of the common scab, increases the yield and improves its quality.

Keywords: metabolic product; entomopathogenic nematode; symbiotic bacteria; potato; common scab; biological efficiency; chlorophyll; carotenoid; yield; starch; vitamin C.

Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
Агансонова Наталья Евгеньевна. Старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: agansonova@mail.ru

Information about the author

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
Agansonova Natalia Evgenievna. Senior Researcher, PhD in Biology e-mail: agansonova@mail.ru

УДК: 632. 51:633/635(470.23)

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ В АГРОЦЕНОЗАХ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РАЙОНОВ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.Н. Лунева

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

С использованием методов флористического анализа осуществлено изучение видового состава сеgetальных сорных растений для выявления тенденций их распространенности в агроклиматических районах Ленинградской области. Выявлено значительное сходство сеgetальных флор II, IV и V-1 агроклиматических районов по показателям флористического богатства, систематического разнообразия, сходства таксономического состава, а также по показателям меры включения и сходства видового состава сорных растений. Сеgetальные флоры III и V агроклиматических районов по этим же показателям отличаются как от сеgetальных флор соседних с ними районов, так и между собой. Сходные по вышеуказанным параметрам сеgetальные флоры II, IV, V-1 агроклиматических районов различаются по первым двум «триадам» сравниваемых флористических спектров, что не способствует их объединению в один агроклиматический район. Выявленные особенности распространенности видов сорных растений подтверждают правомерность подразделения территории области на агроклиматические районы, выделенные ранее по почвенно-климатическим различиям, и могут быть использованы в дальнейшем для агроэкологического зонирования пахотных земель Ленинградской области. Полученные результаты обуславливают нецелесообразность единого подхода к разработке защитных мероприятий на полях под одной культурой, возделываемой в различных агроклиматических районах области.

Ключевые слова: сеgetальная флора, флористический анализ, флористическое богатство, систематическое разнообразие, меры вхождения и сходства, флористические спектры.

Исследования растительности на географическом уровне её организации базируются на признании исторических и макроклиматических факторов в качестве основных, определяющих структуру растительного покрова. Этим обусловлены изменения видового состава растительных сообществ в однотипных экотопах на отдаленных друг от друга территориях [Уланова, 1995].

Территория Ленинградской области подразделяется (рис. 1) на несколько агроклиматических районов [Журина, 2002]. Каждый из районов представляет собой целостную территорию, характеризующуюся определенными почвенно-климатическими условиями, отличающимися его от остальных. Совокупности видов сорных растений в агроценозах каждого агроклиматического района представляют сеgetальные флоры, к изучению которых применимы методы флористического анализа. Целью исследования явилось выявление сходства и различия видового состава сорных растений сеgetальных местообитаний в разных агроклиматических районах Ленинградской области. Район I был исключен из программы исследований,

поскольку из-за совокупности климатических и почвенных условий, мало пригодных для сельскохозяйственного использования, здесь крайне мало земель сельскохозяйственного использования и большая часть этой территории покрыта лесами.

Материалом для анализа послужили данные многолетних исследований, осуществленных в посевах полевых культур на территории Ленинградской области [Лунева, Филиппова, 2011; Лунева, Мыслик, 2011]. В анализе учитывалось только присутствие-отсутствие вида в агроценозе, без учета его численности (табл. 1).

По показателям флористического богатства и систематического разнообразия агроклиматические районы располагаются следующим образом (в порядке убывания): II, IV, V-1, V, III. Показатели граничащих между собой центральных районов II, IV, V-1 довольно близки. В то же время показатели V агроклиматического района значительно отличаются от показателей граничащих с ним агроклиматических районов IV, II и V-1, а показатели агроклиматического района III заметно ниже показателей граничащих с ним II V-1 агроклиматических районов.

Для сравнения степени сходства таксономического состава (семейств, родов и видов) рассматриваемых сеgetальных элементов флор был использован коэффициент Жаккара [Jaccard, 1901] (табл. 2).

Коэффициент сходства на уровне семейств между всеми агроклиматическими районами 0.77 и более, то есть засоренность формируется представителями практически одних и тех же семейств. На уровне родов показатели сходства ниже, чем на уровне семейств (0.52–0.74). Агроклиматический район V-1 имеет высокий показатель таксономического сходства на уровне родов со всеми агроклиматическими районами (0.63–0.74), а район II – сходство с III и IV агроклиматическими районами (0.68 и 0.69 соответственно). На уровне видов показатели флористического сходства значительно ниже, чем на уровне семейств и родов (0.44–0.62). Самые высокие показатели видового сходства отмечены между II, IV и V-1 агроклима-

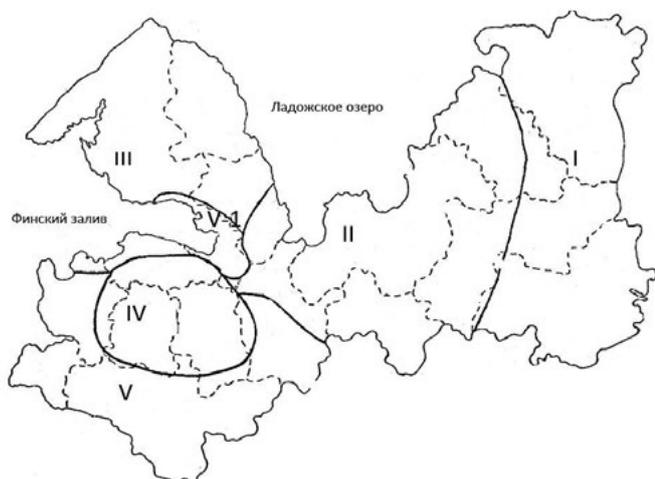


Рис. 1. Агроклиматические районы на территории Ленинградской области (Журина, 2002).

Таблица 1. Флористическое богатство и систематическое разнообразие сеgetальных флор агроклиматических районов. Ленинградская область, 2000–2015 гг.

Сравниваемые территории	Область в целом		Агроклиматические районы									
			II		III		IV		V		V-1	
Вид, род	в	р	в	р	в	р	в	р	в	р	в	р
Астровые — Asteraceae Dumort.	47	34	35	26	18	16	34	27	28	23	31	24
Мятликовые — Poaceae Barnhart	27	19	16	12	11	9	16	13	15	12	17	12
Капустные — Brassicaceae Burnett	18	14	11	11	10	9	11	11	9	9	16	13
Гвоздичные — Caryophyllaceae Juss.	17	9	12	8	7	5	11	7	11	8	7	5
Бобовые — Fabaceae Lindl.	16	7	15	7	7	3	16	5	9	4	12	6
Яснотковые — Lamiaceae Lindl.	14	7	12	5	6	4	11	6	8	5	9	4
Норичниковые — Scrophulariaceae Juss.	13	6	7	4	3	2	8	5	3	2	5	4
Гречишные — Polygonaceae Juss.	12	6	10	4	9	4	8	4	9	5	11	5
Сельдерейные — Apiaceae Lindl.	10	9	6	5	4	4	8	8	2	2	7	6
Маревые — Chenopodiaceae Vent.	9	2	4	2	2	1	3	1	5	2	9	2
Розоцветные — Rosaceae Juss.	9	4	6	2	4	2	7	3	4	2	5	2
Бурачниковые — Boraginaceae Juss.	8	6	6	5	2	2	7	5	2	2	3	3
Лютиковые — Ranunculaceae Juss.	7	3	5	2	2	2	3	1	3	2	4	1
Ситниковые — Juncaceae Juss.	6	2	5	2	4	2	1	1			2	2
Мареновые — Rubiaceae Juss.	6	1	4	1	2	1	4	1	2	1	5	1
Колокольчиковые — Campanulaceae Juss.	5	1	2	1	2	1	3	1	1	1	2	1
Ослинниковые — Onagraceae Juss.	5	2	4	2	2	2	2	2		2		2
Хвощевые — Equisetaceae Rich. ex DC.	3	1	3	1	2	1	1	1	1	1	3	1
Подорожниковые — Plantaginaceae Juss.	3	1	2	1	1	1	3	1	2	1	2	1
Пасленовые — Solanaceae Juss.	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	3	1
Амарантовые — Amaranthaceae Juss.	2	1	1	1	1	1			2	1	1	1
Вьюнковые — Convolvulaceae Juss.	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Осоковые — Cyperaceae Juss.	2	1	2	1	1	1						
Молочайные — Euphorbiaceae Juss.	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1
Гераниевые — Geraniaceae Juss.	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
Зверобойные — Hypericaceae Juss.	2	1	2	1			2	1	1	1		
Мальвовые — Malvaceae Juss.	2	1									2	1
Маковые — Papaveraceae Juss.	2	2					1	1			1	1
Крапивные — Urticaceae Juss.	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
Фиалковые — Violaceae Batsch	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	1
Бальзаминовые — Balsaminaceae A. Rich.	1	1					1	1				
Повиликовые — Cuscutaceae Dumort.	1	1							1	1		
Ворсянковые — Dipsacaceae Juss.	1	1					1	1				
Дымянковые — Fumariaceae DC.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Заразиховые — Orobanchaceae Vent.	1	1							1	1		
Первоцветные — Primulaceae Vent.	1	1	1	1			1	1				
Валериановые — Valerianaceae Batsch	1	1	1	1								
Количество видов	264		184		109		174		129		172	
Количество видов (%)	100		69.43		41.13		65.66		48.68		64.91	
Количество семейств	37		31		28		31		29		29	
Количество семейств (%)	100		83.78		75.68		83.78		78.38		78.38	
Среднее число видов в семействе	7.16		5.93		3.89		5.61		4.45		5.93	
Количество родов		155		115		80		116		95		106
Количество родов (%)		100		72.90		51.61		74.84		61.29		68.39
Среднее число родов в семействе		4.19		3.65		2.86		3.74		3.28		3.66
Среднее число видов в роде		1.71		1.63		1.36		1.5		1.36		1.62

тическими районами, а самые низкие отмечены для III и V агроклиматических районов в сравнениях с остальными, что подтверждает тенденцию, выявленную при сопоставлении флористического богатства и систематического разнообразия (см. табл. 1).

Для более объективной характеристики сходства и различия сеgetальных флор агроклиматических районов также были использованы показатели меры включения состава видов сорных растений в каждую из сеgetальных

флор [Семкин, 1981] (табл. 3) и меры сходства Сёренсена-Чекановского [Шмидт, 1984] (табл. 4).

Показатели меры включения состава видов сеgetальной флоры отдельных агроклиматических районов в парах сравнения находятся в пределах (0.49–0.93) Взаимосвязь сеgetальных флор по этому показателю при принятом пороговом значении 72% отражена на рисунке 2.

Как видно, сеgetальные флоры III и V районов являются наиболее ординарными по видовому составу по сравне-

Таблица 2. Показатели коэффициентов сходства (по Жаккару) таксономического состава сорного элемента флоры различных агроклиматических районов Ленинградской области

Тип сравнения	Агроклиматические районы				
	II	III	IV	V	V-1
По семействам					
II	+	0.90	0.82	0.82	0.82
III		+	0.79	0.84	0.90
IV			+	0.77	0.77
V				+	0.81
По родам					
II	+	0.68	0.69	0.58	0.74
III		+	0.53	0.52	0.63
IV			+	0.61	0.63
V				+	0.68
По видам					
II	+	0.53	0.57	0.47	0.62
III		+	0.44	0.45	0.48
IV			+	0.52	0.56
V				+	0.54

Таблица 3. Мера включения состава видов сорных растений в каждую из сегетальных флор агроклиматических районов Ленинградской области в парах сравнения

Сравниваемые территории	II	III	IV	V	V-1
Количество видов	184	109	174	129	172
II	+	0.93	0.75	0.78	0.79
III	0.55	+	0.49	0.57	0.53
IV	0.71	0.79	+	0.81	0.72
V	0.54	0.68	0.60	+	0.61
V-1	0.74	0.83	0.71	0.82	+

нию с видовым составом остальных районов. Значительная доля видов сегетальных флор этих агроклиматических районов входит в состав сегетальных флор других районов. Показатели меры включения в паре сравнения III- V агроклиматических районов довольно низки (см. табл. 3), что говорит о значительном различии видового состава сегетальных флор, и также подтверждается анализом меры сходства (коэффициент Сёренсена-Чекановского) (табл. 4).

Показатели меры сходства видового состава сегетальных флор сравниваемых районов находятся в пределах 0.61–0.76. При принятии порогового значения в 72% наиболее близки сегетальные флоры II-, IV и V-1 районов (рис. 3).

Одним из основных аспектов анализа флоры является свойственное каждой из них распределение видов между систематическими категориями высшего ранга, то есть систематическая структура флоры [Толмачев, 1974]. Чаще используется понятие флористического спектра [Шмидт, 1980], представляющего собой состав и последовательность расположения 10–15 ведущих семейств по числу входящих в них видов (табл. 5). Сравнение таксономических спектров является одним из средств изучения флор самого разного типа, как естественных, так и антропогенных для выяснения особенностей их состава [Хохряков, 2000].

Как видно, последовательность расположения семейств и количество входящих в них видов различно в

Таблица 4. Коэффициенты меры сходства (коэффициент Сёренсена-Чекановского) состава видов сорных растений каждой из сегетальных флор агроклиматических районов Ленинградской области в парах сравнения (принятое пороговое значение 72%)

Сравниваемые территории	II	III	IV	V	V-1
Количество видов	115	80	116	95	106
II	+	0.69	0.73	0.64	0.76
III		+	0.61	0.62	0.65
IV			+	0.69	0.72
V				+	0.70
V-1					+

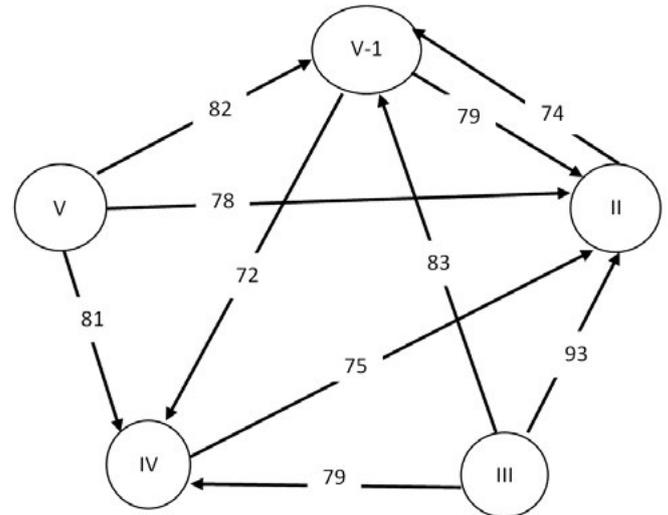


Рисунок 2. Мера включения состава видов сорных растений каждой из сегетальных флор агроклиматических районов Ленинградской области в парах сравнения (принятое пороговое значение 72%)

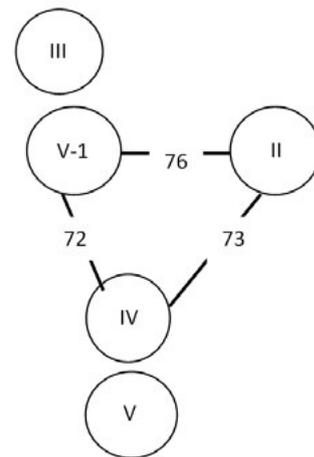


Рисунок 3. Мера сходства видового состава сорных растений каждой из сегетальных флор агроклиматических районов Ленинградской области в парах сравнения (принятое пороговое значение 72%)

сегетальных флорах каждого агроклиматического района. Визуальное сравнение спектров наглядно дает достаточно объяснимые результаты. Большое значение имеет сравнение первых трех семейств, так называемой первой «триады», а затем и второй [Шмидт, 1980; Хохряков, 2000]. В наших исследованиях выявлено три типа первой «триады»: 1 – Астровые, Мятликовые, Бобовые (II, IV агрокли-

Таблица 5. Флористические спектры сеgetальных флор агроклиматических районов Ленинградской области

		Агроклиматические районы							
II		III		IV		V		V-1	
Астровые	35	Астровые	18	Астровые	34	Астровые	28	Астровые	31
Мятликовые	16	Мятликовые	11	Мятликовые	16	Мятликовые	15	Мятликовые	17
Бобовые	15	Капустные	10	Бобовые	16	Гвоздичные	11	Капустные	16
Гвоздичные	12	Гречишные	9	Гвоздичные	11	Бобовые	9	Бобовые	12
Яснотковые	12	Бобовые	7	Яснотковые	11	Гречишные	9	Гречишные	11
Капустные	11	Гвоздичные	7	Капустные	11	Капустные	9	Яснотковые	9
Гречишные	10	Яснотковые	6	Норичниковые	8	Яснотковые	8	Маревые	9
Норичниковые	7	Сельдерейные	4	Гречишные	8	Маревые	5	Гвоздичные	7
Сельдерейные	6	Розоцветные	4	Сельдерейные	8	Розоцветные	4	Сельдерейные	7
Розоцветные	6	Ситниковые	4	Розоцветные	7	Норичниковые	3	Норичниковые	5
Бурачниковые	6	Норичниковые	3	Бурачниковые	7	Лютиковые	3	Розоцветные	5
Лютиковые	5	Маревые	2	Мареновые	4	Сельдерейные	2	Мареновые	5
Ситниковые	5	Бурачниковые	2	Маревые	3	Бурачниковые	2	Лютиковые	4
Маревые	4	Лютиковые	2	Лютиковые	3	Мареновые	2	Бурачниковые	3
Мареновые	4	Мареновые	2	Ситниковые	1	Ситниковые	0	Ситниковые	2

матические районы); 2 – Астровые, Мятликовые, Капустные (III, V-1); 3 – Астровые, Мятликовые, Гвоздичные (V).

Многочисленные ботанические исследования [Толмачев, 1974; Шмидт, 1980; Камелин, 1990] показали, что в семейственно-видовых спектрах Палеарктики – территория от Португалии и Северной Африки до Японии и Чукотки – состав первой «триады» сходен. В нее обязательно входят семейства Астровые и Мятликовые, а на третьем месте может располагаться только одно из следующих семейств: Бобовые, Осоковые, Розоцветные, Маревые, Капустные, Гвоздичные, Лютиковые, Яснотковые, Норичниковые. Причем, по третьему семейству в первой триаде ботаники выделяют особые «зоны» с географическим вектором, и по этому признаку северо-запад РФ входит в «зону розоцветных» [Хохряков, 2000]. Сеgetальный же элемент флоры Ленинградской области, входящей в состав Северо-Западного региона, схож с таковым флоры региона входением семейств Астровых и Мятликовых в первую триаду, но отличается тем, что семейство Розоцветных не входит в состав ни первой, ни второй триады флористического спектра. Это можно объяснить незначительным числом видов травянистых растений семейства Розоцветных, входящих в состав агроценозов на террито-

рии Ленинградской области.

Третьи семейства в первой триаде определяют отнесение семейственно-флористических спектров агроклиматических районов к Fabaceae-, Brassicaceae- и Caryophyllaceae-типам. Это не противоречит вышесказанному в отношении Rosaceae-типа флоры региона: зачастую в глубине обширной зоны одного типа могут встречаться локальные флоры других типов [Цвелев, 1988; Тихомиров и др., 1988]. Наоборот, структура первой триады семейств позволяет оценить отношение локальных (сеgetальных) флор по отношению друг к другу. Сеgetальные флоры II и IV агроклиматических районов сходны по структуре первой и второй триады семейственно-видового спектра. Также близки по структурам двух «триад» сеgetальные флоры III и V-1 регионов; а V район в этом отношении стоит несколько особняком. Эталонным по отношению к частным спектрам сеgetальных флор агроклиматических районов является спектр для всей области, в состав первых двух «триад» которых входят: Астровые (47), Мятликовые (27), Капустные (18), Гвоздичные (17), Бобовые (16), Яснотковые (14). Спектры только III и V-1 агроклиматических районов относятся к тому же Brassicaceae-типу, что и спектр сеgetальной флоры области в целом.

Заключение

Засоренность полевых культур на территории всех агроклиматических районов Ленинградской области формируется видами сорных растений из одних и тех же ведущих семейств, составляющих флористический спектр. Таксономическое различие между агроклиматическими районами отмечается на родовом и, особенно, видовом уровне.

Сеgetальные флоры II, IV и V-1 агроклиматических районов близки по показателям флористического богатства и систематического разнообразия, по показателям сходства таксономического состава (коэффициент Жаккара), а также по показателям меры включения и сходства (коэффициент Сёренсена-Чекановского) видового состава сорных растений. Сеgetальные флоры III и V агроклиматических районов по этим же показателям отличаются как от сеgetальных флор соседних с ними регионов, так и между собой.

Совокупность видов сорных растений посевов сельскохозяйственных культур, характерных для определенных почвенно-гидрологических условий изучаемой зоны, является ценоиндикационным комплексом, специфичность которого, как выявлено исследованиями В.А. Соломахи [1991], зависит от почв этой зоны. Этим же автором было осуществлено агроэкологическое зонирование пахотных земель, базирующееся на различиях ценоиндикационных комплексов, выявленных в регионе исследования. Наши исследования показали, что сеgetальные местообитания территории агроклиматических районов II, IV, V-1, близкие по вышеуказанным показателям, можно рассматривать как более экологически однородные образования, а сеgetальные местообитания на территории III и V агроклиматических районов – экологически отличные от них и друг от друга. Подтверждение тому, что сходные по вышеуказанным параметрам II, IV, V-1 агроклиматические

районы не подлежат объединению в один, выявляется на уровне анализа первых двух «триад» сравниваемых флористических спектров сеgetальных флор.

Полученные результаты подтверждают правомерность подразделения территории Ленинградской области на вышеуказанные агроклиматические районы не только на основе различий почвенно-климатических условий [Журина, 2002], но также исходя из тенденций распространенности видов сорных растений. Распределение видового разнообразия по агроклиматическим районам, наряду с фитоценологическим, может быть использовано в дальнейшем для агроэкологического зонирования пахотных земель Ленинградской области.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 14-04-00285)

Библиографический список (References)

- Журина Л.Л. Методические указания по составлению агроклиматической характеристики хозяйства (района) для студентов агрономических специальностей (Ленинградская область) СПб.: Санкт-Петербургский Государственный Аграрный Университет. 2002. 20 с.
- Камелин Р.В. Флора Сырдарьинского Каратау: Материалы к флористическому районированию Средней Азии. Отв. ред. Б.А. Юрцев. Л.: Наука, 1990. 144 с.
- Лулева Н.Н., Мыслик Е.Н. Видовые комплексы сорных растений агроклиматических районов Ленинградской области // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. Сб. научных трудов СПб ГАУ. Санкт-Петербург, 2013. С. 68–71.
- Лулева Н.Н., Филиппова Е.В. Постоянство присутствия видов сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур в Ленинградской области // Первая международная научная конференция. Сорные растения в изменяющемся мире: актуальные вопросы изучения разнообразия, происхождения, эволюции. Санкт-Петербург, 6–8 декабря 2011 г. Санкт-Петербург: ВИР. 2011. С. 209–215.
- Семкин Б.И., Куликова Л.С. Методика математического анализа списков видов насекомых в естественных и культурных биоценозах. Тихоокеанский институт географии ДВНЦ АН СССР, биолого-почвенный институт ДВНЦ АН СССР. Владивосток, 1981. 74 с.
- Толмачев А.И. Введение в географию растений. Л.: ЛГУ, 1974. 244 с.
- Соломаха В.А. Особенности агроэкологического зонирования пахотных земель по их засоренности. Тезисы докладов научно-практической конференции «Агрометеорологические ресурсы и производственные процессы в растениеводстве» 18–21 марта 1991 г. Киев, 1991. С. 135–136.
- Тихомиров В.Н., Григорьевская А.Н., Казакова М.В. Сосудистые растения заповедника «Галичья гора». М.: Б.и., 1988. 81 с.
- Уланова Н.Г. Математические методы в геоботанике. М.: Изд-во МГУ. 1995. 109 с.
- Хохряков А.П. Таксономические спектры и их роль в сравнительной флористике // Ботанический журнал, Т. 85. вып. 5. 2000. С. 1–11.
- Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. Л.: Наука, 1980. 176 с.
- Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. Учеб. пособие. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. 288 с.
- Цвелев Н.Н. Флора Хоперского государственного заповедника. Л.: Наука, 1988. 190 с.
- Jaccard P. Distribution de la flore alpine dans le Basin de Dranses et dans quelques regions voisines // Bull. Soc. Vaud. Sci. natur. 1901. Vol. 37. N 140. P. 241–272.

Translation of Russian References

- Kamelin R.V. Flora of the Syr-Darya Karatau: Materials for floristic zoning of Central Asia. Leningrad: Nauka, 1990. 144 p. (In Russian).
- Khokhryakov A.P. Taxonomic spectra and their role in comparative floristics. Botanical journal. V. 85, N 5. 2000. P. 1–11. (In Russian).
- Luneva N.N., Filippova E.V. Constancy of the presence of weeds in crops of agricultural crops in Leningrad region. In: First international scientific conference. Weeds in a changing world: topical questions of diversity, origin, evolution. St. Petersburg, 6–8 December 2011, St. Petersburg: VIR, 2011. P. 209–215. (In Russian).
- Luneva N.N., Mysnik E.N. Species complexes of weeds in agro-climatic zones of the Leningrad region. In: Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyakh reformirovaniya. Collection of scientific papers. Saint Petersburg, GAU. 2013. P. 68–71. (In Russian).
- Schmidt V.M. Mathematical methods in botany. Manual. Leningrad: Leningr. University press, 1984. 288 p. (In Russian).
- Schmidt V.M., Statistical methods in comparative floristics. Leningrad: Nauka, 1980. 176 p. (In Russian).
- Semkin B.I., Kulikova L.S. Method of mathematical analysis of the lists of insect species in natural and cultural communities. Vladivostok, Pacific
- Institute of geography of the FESC of the USSR, Institute of biology and soil of the FESC of the USSR. 1981. 74 p. (In Russian).
- Solomakha V.A. Peculiarities of agro-ecological zoning of arable lands according to their weediness. In: Abstracts of scientific-practical conference: Agrometeorological resources and productive process in crop production, 18–21 March, 1991. Kiev, 1991. P. 135–136. (In Russian).
- Tikhomirov V.N., Grigoriev A.N., Kazakova M.V. Vascular plants of the reserve «Galichya Gora». Moscow, 1988. 81 p. (In Russian).
- Tolmachev A.I. Introduction to the geography of plants. Leningrad state University, 1974. 244 p. (In Russian).
- Tsvelev N.N. Flora of Khopersky state reserve. Leningrad: Nauka. 1988. 190 p. (In Russian).
- Ulyanova N.G. Mathematical methods in geobotanics. Moscow: Publishing House of Moscow State University. 1995. 109 p. (In Russian)
- Zhurina L.L. Guidelines for preparation of agro-climatic characteristics of the farm (district) for students of agronomy (Leningrad oblast). St. Petersburg: St. Petersburg State Agrarian University, 2002. 20 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 76–81

FEATURES OF WEED DISTRIBUTION IN AGROCENOSSES OF AGRO-CLIMATIC ZONES ON THE TERRITORY OF LENINGRAD REGION

N.N. Luneva

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

Using the methods of floristic analysis, a study of the species composition of segetal weeds was made to identify trends in their distribution on the territory of agro-climatic zones of the Leningrad Region. There was a significant similarity of segetal floras in agro-climatic zones II, IV and V-1 according to indices of floristic richness and taxa diversity, in terms of similarity in taxonomic composition and in terms of measures of inclusion and similarity in species composition of weeds. Segetal flora of agro-climatic zones III and V for the same indicators differ from segetal floras of neighboring regions and among themselves.

Being similar to the above-mentioned parameters, the segetal flora of agro-climatic zones II, IV, V-1 differ in the first two «triads» of comparable floristic spectra, which is not allow joining them in one agro-climatic zone. The peculiarities of distribution types of weed plants confirm the validity of division the territory of the Region in agro-climatic zones allocated previously by the soil and climatic differences, and can be used in the future for agro-ecological zoning of arable land in the Leningrad Region. The results obtained determine the unreasonableness of a unified approach to the development of protective measures in the fields under the same culture cultivated in different agro-climatic zones.

Keywords: segetal flora; floristic analysis; floristic richness; biodiversity; occurrence; similarity; floristic spectrum.

Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608
Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
Лунева Наталья Николаевна. Ведущий научный сотрудник,
зав. сектором, кандидат биологических наук,
e-mail: natalja.luneva2010@yandex.ru

Information about the author

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

УДК 632.51 (470.23)

ХАРАКТЕРИСТИКА РУДЕРАЛЬНОГО КОМПОНЕНТА СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.Н. Мысник

Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

Цель исследования – сравнительный анализ рудерального компонента растительности Ленинградской области для разных типов местообитаний (полевые дороги, рудеральные местообитания агроэкосистем, обочины автомобильных трасс, селитебные территории, железнодорожные насыпи). В результате анализа данных обследований рудеральных местообитаний 2009–2015 гг. выявлено 264 вида сорных растений. Показано значительное сходство таксономической структуры видового состава местообитаний разного типа; постоянство состава группы ведущих семейств сорных растений вне зависимости от типа местообитания и агроклиматического района. Установлено высокое флористическое сходство растительности разных типов рудеральных местообитаний и селитебных территорий ($K_j = 48.89–73.50\%$). Наивысшим сходством отличаются видовые составы сорных растений полевых дорог и рудеральных местообитаний вокруг полей как компонентов агроэкосистем хозяйств. Сравнение видовых составов сорных растений полевых дорог и рудеральных местообитаний агроэкосистем агроклиматических районов с наибольшим развитием сельскохозяйственного производства (IV и V-1) выявило сохранение тенденции значительного сходства таксономической структуры, постоянства состава группы ведущих семейств, высокого флористического сходства видовых составов сорных растений между сравниваемыми типами местообитаний данных агроклиматических районов. Выделено 98 видов, общих для всех типов местообитаний, 26 из которых являются доминирующими для рудеральных местообитаний в целом. На разных типах местообитаний на уровне области в доминанты по встречаемости выходят 15–26 видов. Выявлена специфика состава группы доминирующих видов: помимо нескольких общих для всех типов местообитаний видов, в доминанты на каждом уровне рассмотрения (рудеральные местообитания в целом, тип местообитания на уровне области, тип местообитания на уровне агроклиматического района) выходят виды, не имевшие высокой встречаемости на предыдущем уровне. Даны рекомендации о необходимости проведения регулярного мониторинга видового состава сорных растений не только полей, но и рудеральных местообитаний разного типа.

Ключевые слова: сорные растения, рудеральные местообитания, селитебные территории, таксономическая структура, доминирующие виды, агроэкосистема, фитосанитарный мониторинг.

Традиционно объектом фитосанитарного мониторинга являлись сорные растения в посевах и посадках сельскохозяйственных культур. В настоящее время утилитарный подход к проблеме сорных растений как вредных ботанических объектов сменяется комплексным подходом, в рамках которого сорные растения позиционируются как растения вторичных местообитаний с нарушенным естественным покровом [Ульянова, 2005], к которым относятся как пашня, так и рудеральные местообитания. Основываясь как на теоретических разработках, так и в связи с тенденцией к экологизации сельского хозяйства,

появились предпосылки перехода на экосистемный уровень защиты растений. На современном этапе агроэкосистема понимается как экосистема на уровне агроландшафта отдельно взятого сельскохозяйственного предприятия, охватывающая полевые севообороты, а также прилегающие рудеральные местообитания, залежи и пастбища данного агроландшафта. [Миркин и др., 2003]. Согласно континуальному взгляду на природу растительности, растительные сообщества не являются обособленными, а постепенно переходят из одного в другое. Соответственно, агроэкосистемы отдельных хозяйств связаны друг с дру-

гом через вторичные местообитания дорог и населенных пунктов. Этим обоснована необходимость мониторинга сорных растений не только на полях, но и на рудеральных местообитаниях в пределах агроэкосистем, а также селитебных территорий и транспортных путей.

Материалы и методы

Объектом исследования является рудеральный компонент сорной растительности Ленинградской области. Материалами для исследования послужили многолетние данные полевых обследований (2009–2013 гг.) рудеральных местообитаний разного типа (полевые дороги (ПД); рудеральные местообитания в пределах территории агроэкосистем (АР) – канавы, межи, огрехи на поле, мусорные места; обочины автомобильных трасс (АД)), и селитебных территорий (местообитания в пределах населенных пунктов (СТ) – пустыри, мусорные места, газоны, клумбы, спортивные площадки, прижилищные участки), а также данные обследований тех же типов местообитаний 2014–2015 гг. в Ленинградской области. Сбор фактических данных проведен методом маршрутного обследования территории [Лулева, Мысник, 2012].

Результаты исследований

В результате анализа многолетних данных полевых обследований рудеральных местообитаний и селитебных территорий в пределах Ленинградской области выявлено 264 вида сорных растений, принадлежащих 165 родам из 37 семейств.

Сравнение аналогичных показателей по типам местообитаний (табл. 1) показало, что число семейств различается незначительно (4–7 семейств) по всем типам местообитаний. Наименьшее число родов и видов зарегистрировано на железнодорожных насыпях и в пределах селитебных территорий. На остальных типах местообитаний разница по числу родов и видов невелика (1–9 родов и 1–7 видов).

Таблица 2. Состав группы ведущих семейств сорных растений местообитаний разного типа на территории Ленинградской области (2009–2015 гг.)

Семейство	Удельный вес, %					
	ОБЩ	АД	ПД	АР	СТ	ЖД
Астровые — Asteraceae Dumort.	20.08	20.71	20.77	19.60	23.26	24.22
Бобовые — Fabaceae (Bieb.) Fisch.	9.09	11.11	8.70	10.05	11.63	14.06
Мятликовые — Poaceae Barnhart	9.09	9.60	7.73	8.54	6.40	5.47
Капустные — Brassicaceae Burnett	7.58	6.57	8.21	9.05	9.30	9.38
Яснотковые — Lamiaceae Lindl.	5.68	5.05	6.76	6.03	5.23	–
Гвоздичные — Caryophyllaceae Juss.	4.92	4.55	4.35	4.52	5.23	4.69
Гречишные — Polygonaceae Juss.	4.92	5.56	4.35	6.53	4.65	5.47
Сельдерейные — Apiaceae Lindl.	3.79	5.05	4.83	4.52	3.49	5.47
Маревые — Chenopodiaceae Vent.	3.41	3.54	3.38	–	3.49	3.91
Розовые — Rosaceae Juss.	3.41	4.55	–	4.02	2.91	2.34
Норичниковые — Scrophulariaceae Juss.	–	–	3.86	3.02	–	–
Кипрейные — Onagraceae Juss.	–	–	–	–	–	3.13

Сравнение состава группы ведущих семейств сорных растений без выделения местообитаний (ОБЩ) и по типам местообитаний (АД, ПД, АР, СТ, ЖД) показало, что ее составляют 8 семейств. Первые две позиции по численности во всех случаях занимают семейства Астровые и Бобовые, при этом по всем позициям сравнения удельный вес семейства Астровые превышает соответствующий показатель других семейств группы в 2–8 раз, остальные 6 семейств только изменяют порядковое положение по численности в ряду. Среди них лишь на железнодорожных насыпях семейство Яснотковые вытесняется из группы

Цель исследования – провести сравнительный анализ рудерального компонента сорной растительности Ленинградской области в зависимости от типа местообитания.

Систематизация и хранение данных осуществлены с помощью блока «Распространение видов сорных растений», являющегося составной частью базы данных «Сорные растения во флоре России» [Лулева и др., 2011].

Оценка постоянства встречаемости видов сорных растений проводилась по методу Казанцевой А.С. [Казанцева, 1971]. Математическая обработка данных проведена путем расчета коэффициента флористического сходства Жаккара [Уланова, 1995], индекса биотической дисперсии Коха [Марков, 1972].

Таксономическая структура видовых составов сорных растений местообитаний разного типа установлена методом флористического анализа [Толмачев, 1986].

Таблица 1. Таксономическая структура рудерального компонента сорной растительности Ленинградской области (2009–2015 гг.)

Число	Без выделения типов местообитаний	Типы местообитания				
		АД	ПД	АР	СТ	ЖД
Семейств	37	32	35	33	33	28
Родов	165	126	134	135	118	93
Видов	264	198	205	199	172	128

Распределение видов по семействам неравномерное. На группу 10 ведущих семейств приходится 72% от общего числа видов. Состав группы ведущих семейств показан в таблице 2.

ведущих семейством Кипрейные. Оставшиеся 2 ведущих семейства не являются одинаковыми для всех типов местообитаний и комбинируются в разных сочетаниях из семейств Маревые, Розовые, Норичниковые.

На всех типах местообитаний отмечены 98 видов сорных растений (37% от общего числа видов). При этом 26 видов из них являются доминирующими для рудеральных местообитаний в целом (III – V классы встречаемости): полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.) – V класс; одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.), подорожник большой (*Plantago major* L.), бодяк щетини-

стый (*Cirsium setosum* (Willd.) Bess.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), лепидотека душистая (*Lepidotheca suaveolens* (Pursh) Nutt.), ромашка непахучая (*Tripleurospermum perforatum* (Merat) M. Lainz), горошек мышиный (*Viciacracca* L.) – IV класс; лопух паутинистый (*Arctium tomentosum* Mill.), горец птичий (*Polygonum aviculare* L.), мятлик однолетний (*Poa annua* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), клевер ползучий (*Trifolium repens* L.), купырь лесной (*Antriscus sylvestris* (L.) Hoffm.), мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara* L.), донник белый (*Melilotus albus* Medik.), клевер гибридный (*Trifolium hybridum* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), лапчатка гусиная (*Potentilla anserina* L.), пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), кульбаба осенняя (*Leonthodon autumnalis* L.), хвощ полевой (*Equisetum arvense* L.), люцерна хмелевидная (*Medicago lupulina* L.), василек луговой (*Centaurea jacea* L.), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.) – III класс.

Ещё 33 вида отмечены на всех типах местообитаний, кроме железнодорожных насыпей. Встречаемость их сравнительно невелика и составляет 1.48–25.86%.

Значение индекса биотической дисперсии Коха (IBD) показало, что общность видового состава сорных растений внутри групп типов местообитаний сравнительно невелика и составляет 11.89–21.09%, причем самая низкая в группе АР по причине наибольшей разницы в типах местообитаний внутри группы (канавы, мусорные места, огрехи на поле, межи), самая высокая – на железнодорожных насыпях, что вызвано наибольшей степенью сходства условий произрастания видов (щебнисто-песчаные насыпи). Следовательно, каждая из этих групп имеет свою специфику в составе группы доминирующих видов сорных растений.

Исходя из вышесказанного, для каждого типа местообитания выделены доминирующие виды (III – V классы встречаемости): на обочинах автомобильных трасс – 24 вида, на железнодорожных насыпях – 26, на полевых дорогах – 21, на рудеральных местообитаниях в пределах агроэкосистем – 15, на местообитаниях селитебных территорий – 26 видов. Из них 9 видов (тысячелистник обыкновенный, лопух паутинистый, полынь обыкновенная, марь белая, лепидотека душистая, подорожник большой, одуванчик лекарственный, ромашка непахучая, горошек мышиный) доминируют как на рудеральных местообитаниях в целом, так и в каждой группе.

В дополнение, на обочинах автомобильных трасс доминируют купырь лесной, бодяк щетинистый, ежа сборная, пырей ползучий, хвощ полевой, кульбаба осенняя, люцерна хмелевидная, донник белый, мятлик однолетний, горец птичий, лапчатка гусиная, клевер гибридный, клевер ползучий, мать-и-мачеха обыкновенная, крапива двудомная, а также сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), полынь полевая (*Artemisia campestris* L.), не являющиеся доминирующими для рудеральных местообитаний в целом.

На полевых дорогах доминируют купырь лесной, пастушья сумка обыкновенная, василек луговой, бодяк щетинистый, ежа сборная, люцерна хмелевидная, мятлик однолетний, горец птичий, клевер гибридный, клевер ползучий, мать-и-мачеха обыкновенная, крапива двудомная.

На рудеральных местообитаниях в пределах агроэкосистем доминируют пастушья сумка обыкновенная, василек луговой, бодяк щетинистый, ежа сборная, пырей ползучий, горец птичий.

На местообитаниях в пределах селитебных территорий доминируют купырь лесной, пастушья сумка обыкновенная, бодяк щетинистый, ежа сборная, пырей ползучий, кульбаба осенняя, люцерна хмелевидная, донник белый, мятлик однолетний, горец птичий, лапчатка гусиная, клевер гибридный, клевер ползучий, мать-и-мачеха обыкновенная, крапива двудомная, а также пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.), клевер луговой (*Trifolium pratense* L.), не являющиеся доминирующими для рудеральных местообитаний в целом.

На железнодорожных насыпях доминируют бодяк щетинистый, хвощ полевой, кульбаба осенняя, люцерна хмелевидная, донник белый, клевер ползучий, мать-и-мачеха обыкновенная, крапива двудомная, а также полынь полевая, пижма обыкновенная, икотник серо-зеленый (*Berteroa incana* (L.) DC), ясколка дернистая (*Cerastium holosteoides* Fries), кипрей узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), мелкопестник канадский (*Conyza canadensis* (L.) Cronq), льнянка обыкновенная (*Linaria vulgaris* Mill.), лапчатка серебристая (*Potentilla argentea* L.), не являющиеся доминирующими для рудеральных местообитаний в целом.

При сопоставлении списков доминирующих видов для местообитаний разного типа очевидно, что группы доминирующих видов сорных растений имеют различия по видовому составу для разных типов местообитаний. Наиболее отличен от других видововой состав группы доминирующих видов сорных растений железнодорожных насыпей по причине высокой специфичности условий данного типа местообитания. Также показано, что на отдельных типах рудеральных местообитаний в доминанты выходят виды сорных растений, не являющиеся доминирующими для рудеральных местообитаний Ленинградской области в целом.

Анализ значений коэффициента флористического сходства Жаккара (K_j) (табл. 3) показал, что сходство видовых составов сорных растений рудеральных местообитаний разного типа довольно велико. Наибольшим сходством отличается растительность рудеральных местообитаний вокруг полей и полевых дорог (73.50%), что объясняется их наиболее близким совместным положением как компонентов агроэкосистем хозяйств. Более низким сходством характеризуются видовой состав сорных растений железнодорожных насыпей по сравнению с остальными типами местообитаний (48.89–60.43%) благодаря их обособленности и максимальному отличию микроклиматических условий. Сходство видовых составов остальных типов ме-

Таблица 3. Значение коэффициента флористического сходства Жаккара (K_j) для рудеральных местообитаний разного типа на территории Ленинградской области (2009–2015 гг.)

	АД	ПД	АР	СТ	ЖД
АД	*	67.36	66.96	64.44	50.23
ПД	67.36	*	73.50	69.96	48.89
АР	66.96	73.50	*	64.89	52.80
СТ	64.44	69.96	64.89	*	60.43
ЖД	50.23	48.89	52.80	60.43	*

стообитаний между собой довольно близко и составляет 64.44–67.36%.

Согласно почвенно-климатическим условиям территория Ленинградской области подразделяется на 6 агроклиматических районов [Журина, 2002; Агроклиматические ресурсы ..., 1972]. Наиболее развитыми в сельскохозяйственном отношении являются IV агроклиматический район (район с наиболее плодородными дерново-карбонатными почвами – южная половина Ломоносовского района, Волосовский, Гатчинский районы) и V-1 агроклиматический район (район пригородного овощеводства – г. Санкт-Петербург с ближайшими пригородами, северная половина Ломоносовского района), где сконцентрировано основное число сельскохозяйственных предприятий региона. Соответственно наибольший практический интерес для сельскохозяйственных производителей представляет видовой состав тех рудеральных местообитаний, которые входят в агроэкосистемы двух данных агроклиматических районов – полевых дорог и рудеральных местообитаний в пределах территорий хозяйств.

Сравнение таксономических показателей видовой состава сорных растений полевых дорог и рудеральных местообитаний в пределах агроэкосистем IV и V-1 агро-

климатических районов (табл. 4) показало, что число зарегистрированных семейств, родов и видов различается незначительно (разница составляет 2–3 семейства; 1–8 родов, 4–14 видов) по всем типам местообитаний.

Таблица 4. Таксономическая структура видовой состава сорных растений полевых дорог и рудеральных местообитаний агроэкосистем IV и V-1 агроклиматических районов Ленинградской области (2009–2015 гг.)

Тип местообитания	Агроклиматический район	Число семейств	Число родов	Число видов
ПД	IV	29	111	157
ПД	V-1	33	110	153
АР	IV	29	116	158
АР	V-1	31	108	144

Неизменными компонентами группы ведущих семейств сорных растений для обоих типов местообитаний и агроклиматических районов являются 8 семейств: Астровые, Бобовые, Капустные, Мятликовые, Яснотковые, Гречишные, Сельдерейные, Гвоздичные, что соответствует постоянному компоненту группы ведущих семейств данных типов местообитаний по Ленинградской области в целом. Оставшиеся 2 семейства различаются в зависимости от агрорайона и типа местообитания (табл. 5).

Таблица 5. Состав группы ведущих семейств сорных растений полевых дорог и рудеральных местообитаний агроэкосистем IV и V-1 агроклиматических районов Ленинградской области (2009–2015 гг.)

Семейство	Удельный вес, %			
	ПД		АР	
	Агрорайон IV	Агрорайон V-1	Агрорайон IV	Агрорайон V-1
Asteraceae Dumort.	22.29	21.71	20.25	20.83
Fabaceae (Bieb.) Fisch.	10.19	9.21	10.13	9.72
Brassicaceae Burnett	8.92	8.55	8.86	10.42
Poaceae Barnhart	7.64	7.89	6.96	6.94
Lamiaceae Lindl.	5.73	7.24	7.59	4.86
Polygonaceae Juss.	5.10	4.61	6.33	4.17
Apiaceae Lindl.	4.46	5.26	5.70	4.86
Caryophyllaceae Juss.	4.46	5.26	5.70	4.86
Scrophulariaceae Juss.	3.82	–	–	–
Chenopodiaceae Vent.	2.55	3.95	–	3.47
Rubiaceae Juss.	–	2.63	2.53	3.47
Boraginaceae Juss.	–	–	3.16	–

Как и при анализе сходства видовой состава внутри групп рудеральных местообитаний Ленинградской области в целом, значение индекса биотической дисперсии Коха (IBD) свидетельствует о сравнительно небольшом его сходстве как на полевых дорогах, так и на рудеральных местообитаниях агроэкосистем; при этом видовая общность для обоих типов местообитаний несколько выше в V-1 агроклиматическом районе (ПД – 13.24% и 20.50%; АР – 13.15% и 17.86% соответственно), а также несколько ниже для рудеральных местообитаний агроэкосистем, чем для полевых дорог.

Значение коэффициента Жаккара (K_j) демонстрирует достаточно высокое флористическое сходство видовых составов сорных растений как между одним типом местообитаний разных агрорайонов, так и между разными типами местообитаний данных агроклиматических районов (табл. 6).

Число доминирующих видов сорных растений на полевых дорогах выше, чем на рудеральных местообитаниях

Таблица 6. Значение коэффициента флористического сходства Жаккара (K_j) для полевых дорог и рудеральных местообитаний агроэкосистем IV и V-1 агроклиматических районов Ленинградской области (2009–2015 гг.)

		Агрорайон IV		Агрорайон V-1	
		ПД	АР	ПД	АР
Агрорайон IV	ПД	*	63.21	57.36	56.77
	АР	63.21	*	59.49	63.24
Агрорайон V-1	ПД	57.36	59.49	*	66.85
	АР	56.77	63.24	66.85	*

агроэкосистем для сравниваемых агроклиматических районов, к тому же оно выше для обоих типов местообитаний в районе V-1 (ПД – 16 и 23 вида, АР – 18 и 32 вида соответственно). На обоих типах местообитаний в обоих агроклиматических районах доминируют 12 видов: тысячелистник обыкновенный, лопух паутинистый, полынь обыкновенная, пастушья сумка обыкновенная, марь белая, бодяк щетинистый, лепидотека душистая, подорож-

ник большой, горец птичий, одуванчик лекарственный, ромашка непахучая, горошек мышиный. Эти виды являются доминирующими как на рудеральных местообитаниях Ленинградской области в целом, так и на обоих типах сравниваемых местообитаний. В дополнение к ним на рудеральных местообитаниях агроэкосистем IV агроклиматического района в доминанты выходят ежа сборная; а также сныть обыкновенная, не являющаяся доминирующей для этого типа местообитаний на уровне всей Ленинградской области; на рудеральных местообитаниях агроэкосистем V-1 района – хвощ полевой, мятлик однолетний, клевер гибридный, мать-и-мачеха обыкновенная, крапива двудомная; а также купырь лесной, марь сизая (*Chenopodium glaucum* L.), персикария щавелелистная (*Persicaria lapathifolia* (L.) S.F. Gray), крестовник обыкновенный (*Senecio vulgaris* L.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.), не являющиеся доминирующими для этого типа местообитаний на уровне всей Ленинградской области.

На полевых дорогах IV агроклиматического района в доминанты выходят купырь лесной, ежа сборная клевер ползучий, горошек мышиный; а также свербига восточная (*Bunias orientalis* L.), тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.), не являющиеся доминирующими для этого типа местообитаний на уровне всей Ленинградской области; на

полевых дорогах V-1 района – купырь лесной, василек луговой, люцерна хмелевидная, мятлик однолетний, клевер гибридный, клевер ползучий, мать-и-мачеха обыкновенная, крапива двудомная; а также марь сизая, пырей ползучий, хвощ полевой, кульбаба осенняя, льнянка обыкновенная, донник белый, персикария щавелелистная, лапчатка гусиная, крестовник обыкновенный, осот полевой, пижма обыкновенная, не являющиеся доминирующими для этого типа местообитаний на уровне всей Ленинградской области.

Проведенные ранее исследования показали, что на полях Ленинградской области выявлено 199 видов сорных растений [Мысник, 2016], 25 видов из которых стабильно имеют высокую представленность в посевах и посадках различных сельскохозяйственных культур (III – V классы встречаемости). Из них 68% видов являются доминирующими и на рудеральных местообитаниях Ленинградской области: ромашка непахучая, марь белая, пастушья сумка обыкновенная, бодяк щетинистый, осот полевой, пырей ползучий, персикария щавелелистная, звездчатка средняя, ярутка полевая, горец птичий, лепидотека душистая, марь сизая, подорожник большой, одуванчик лекарственный, мятлик однолетний, тысячелистник обыкновенный, полынь обыкновенная.

Заключение

Путем анализа многолетних данных полевых обследований выявлено 264 вида сорных растений, произрастающих на рудеральных местообитаниях разного типа, а также в пределах селитебных территорий Ленинградской области. Таксономическая структура видового состава местообитаний разного типа характеризуется значительным сходством (разница по числу семейств, родов и видов не превышает 1–9 единиц). Состав группы ведущих семейств сорных растений также отличается постоянством вне зависимости от типа местообитания, на первом месте по численности всегда находится семейство Астровые.

Значение коэффициента Жаккара показывает высокое флористическое сходство растительности разных типов рудеральных местообитаний и селитебных территорий (48.89–73.50%). Наивысшим сходством отличаются видовые составы сорных растений полевых дорог и рудеральных местообитаний вокруг полей как компоненты агроэкосистем хозяйств.

При сравнении видовых составов сорных растений полевых дорог и рудеральных местообитаний агроэкосистем двух агроклиматических районов с наибольшим развитием сельскохозяйственного производства (IV и V-1) данные тенденции сохраняются: значительное сходство таксономической структуры, постоянство состава группы ведущих семейств, высокое флористическое сходство ви-

довых составов сорных растений как между одним типом местообитаний, так и между разными типами местообитаний данных агроклиматических районов (56.77–66.85%).

Из 98 видов сорных растений, зарегистрированных на всех типах местообитаний, 26 являются доминирующими для рудеральных местообитаний в целом. На разных типах местообитаний на уровне области в доминанты по встречаемости выходят 15–26 видов, на уровне агроклиматического района – от 16 до 32 видов. При этом каждый тип местообитания имеет свою специфику в составе данной группы видов: помимо нескольких общих для всех типов местообитаний видов, в доминанты на каждом уровне рассмотрения (рудеральные местообитания в целом, тип местообитания на уровне области, тип местообитания на уровне агроклиматического района) выходят виды, не имеющие высокой встречаемости на предыдущем уровне.

Сравнение группы доминирующих видов сорных растений на рудеральных местообитаниях с аналогичной группой для сегетальных местообитаний показало, что 68% видов доминируют на обоих типах местообитаний. Данный факт подтверждает необходимость проведения регулярного мониторинга видового состава сорных растений не только полей, но и рудеральных местообитаний разного типа, являющихся как источником засорения полей, так и путями расселения видов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 14-04-00285.

Библиографический список (References)

Агроклиматические ресурсы Ленинградской области. Л.: Гидрометеониздат. 1971. 119 с.
Журина Л.Л. Методические указания по составлению агроклиматической характеристики хозяйства (района) для студентов агрономических специальностей (Ленинградская область) / Л.Л. Журина. СПб.: 2002. 20 с.

Казанцева А.С. Основные агрофитоценозы предкамских районов ТАС-СП / А.С. Казанцева // Вопросы агрофитоценологии. Казань. 1971. С. 10–14.
Лунова Н.Н. и др. Изучение сорных растений с использованием БД и ИПС «Сорные растения во флоре России» / Н.Н. Лунова, Е.Г. Лебедева, Е.Н. Мысник, Е.В. Филиппова // Сорные растения в изменяющемся мире: актуальные вопросы изучения разнообразия, происхождение-

- ния, эволюции. Материалы I Международной научной конференции. Санкт-Петербург, 6–8 декабря 2011 г. СПб.: ВИР, 2011. С. 193–198.
- Лунева Н.Н., Мысник Е.Н. Методика изучения распространенности видов сорных растений / Н.Н. Лунева, Е.Н. Мысник // Методы фитосанитарного мониторинга и прогноза. СПб.: 2012. С. 85–92.
- Марков М.В. Агрофитоценология / М.В. Марков. Казань: Изд-во Казанского ун-та. 1972. 272 с.
- Миркин Б.М. и др. О роли биоразнообразия в повышении адаптивности сельскохозяйственных экосистем / Б.М. Миркин и др. // Сельскохозяйственная биология. 2003. N5. С. 82–93.
- Мысник Е.Н. Доминирующие виды сорных растений в агроценозах основных сельскохозяйственных культур Ленинградской области / Е.Н. Мысник // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы XI Междунар. Науч.-практ. конф., посвящ. памяти проф. С.А. Лапшина, Саранск. 9–10 апреля 2015 г. Саранск: Изд-во мордовского ун-та. 2016. С. 244–248.
- Толмачев А.И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза / А.И. Толмачев. Новосибирск, 1986. 195 с.
- Уланова Н.Г. Статистические методы в геоботанике / Н.Г. Уланова. М.: Изд-во МГУ. 1995. 109 с.
- Ульянова Т.Н. Сорные растения во флоре России и сопредельных государств / Т.Н. Ульянова. Барнаул: Изд-во Азбука, 2005. 297 с.

Translation of Russian References

- Agroclimatic resources of the Leningrad region. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1971. 119 p. (In Russian).
- Kazantseva A.S. Main agrophytocenoses of Cis-Kama regions of Tataria. *Voprosy agrophytocenology*. Kazan. 1971. P. 10–74. (In Russian).
- Luneva N.N. Studying weed plants with use of DB and information retrieval system “Weed plants in flora of Russia”. In: *Sornye rasteniya v izmenyayushchemsya mire: aktual'nye voprosy izucheniya raznoobraziya, proiskhozhdeniya, evolyutsii*. Materialy I Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii. St. Petersburg, 6–8 December 2011. St. Petersburg: VIR, 2011. P. 193–198. (In Russian).
- Luneva N.N., Mysnik E.N. Method of studying distribution of weed plant species. In: *Metody fitosanitarnogo monitoringa i prognoza*. St. Petersburg: 2012. P. 85–92. (In Russian).
- Markov M.V. *Agrophytocenology*. Kazan: Izd-vo Kazanskogo un-ta, 1972. 272 p. (In Russian).
- Mirkin B.M. About role of biological diversity in increase of adaptability of agricultural ecosystems. *Selskokhozyaistvennaya biologiya*. 2003. N 5. P. 83–92. (In Russian).
- Mysnik E.N. Dominant species of weed plants in agrocnoses of main agricultural crops of Leningrad region. In: *Resursosberegayushchie ekologicheski bezopasnye tekhnologii proizvodstva i pererabotki sel'skokhozyaisvennoi produktsii: Materialy XI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashch. Pamyati prof. S.A. Lapshina, Saransk, 9–10 April 2015*. Saransk, Izd-vo Mordovskogo un-ta, 2016. P. 244–248. (In Russian).
- Tolmachev A.I. *Methods of comparative floristics and problem of florogenesis*. Novosibirsk: 1986. 195 p. (In Russian).
- Ulyanova N.G. *Statistical methods in geobotany*. Moscow: Izd-vo MGU, 1995. 109 p. (In Russian).
- Ulyanova T.N. *Weed plants in flora of Russia and adjacent states*. Barnaul: Izd-vo Azbuka, 2005. 297 p. (In Russian).
- Zhurina L.L. *Methodical guide on drawing the agro-climatic characteristics of farms (districts) for students of agronomical specialties (Leningrad region)*. St. Petersburg. 2002. 20 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 81–86

CHARACTERISTICS OF RUDERAL COMPONENT OF WEED VEGETATION IN LENINGRAD REGION

E.N. Mysnik

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

The research objective is the comparative analysis of a ruderal component of vegetation in the Leningrad Region for different types of habitats (field roads; ruderal habitats of agroecosystems; roadsides of automobile routes; territories intended for building; railway embankments). As a result of the analysis of the inspections of the ruderal habitats, 264 species of weed plants are revealed. The considerable similarity of species composition in habitats of different type, constancy of structure of groups of the dominant families of weed plants regardless of type of a habitat and the agro-climatic zone are shown. High floristic similarity of vegetation of different types in the ruderal habitats and territories intended for building is established ($K_j = 48.89–73.50\%$). Species composition of weed plants of the field roads and ruderal habitats around fields have the highest similarity as components of agroecosystems of farms. Comparison of species composition of weed plants of the field roads and ruderal habitats of agroecosystems of agro-climatic zones IV and V-1 with the greatest development of agricultural production revealed preservation of tendencies of the considerable similarity of taxonomical structure, constancy of structure of groups of the dominant families, high floristic similarity of species composition of weed plants between the compared types of habitats of these agro-climatic zones. Ninety eight species common for all types of habitats are allocated, 26 of which are dominating for the ruderal habitats. Specifics of structure of group of the dominating species are revealed. Some species, which have no high occurrence at the previous level, dominate at the next level of consideration (ruderal habitats in general, habitat type at the level of area, habitat type at the level of the agro-climatic zone). Recommendations on carrying out the regular monitoring of species composition of weed plants are five not only for fields, but also for the ruderal habitats of different type.

Keywords: weed plant; phytosanitary monitoring, agroecosystem; taxonomical structure; dominant species; ruderal habitat.

Сведения об авторе

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
Мысник Евгения Николаевна. Научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: vajra-sattva@yandex.ru

Information about the author

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
Mysnik Evgeniya Nikolaevna. Researcher Associate, PhD in Biology, e-mail: vajra-sattva@yandex.ru

УДК 635.21:632.752.2 (470.2)

ПОЛОЖЕНИЕ С ТЛЯМИ-ПЕРЕНОСЧИКАМИ ВИРУСНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ КАРТОФЕЛЯ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ РФ

С.А. Волгарев, Г.П. Иванова Г.И. Сухорученко*Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург*

Приводятся результаты мониторинга численности тлей-переносчиков вирусной инфекции на картофеле при выращивании мини клубней и полевых репродукций в ЗАО «Октябрьское» Волосовского района Ленинградской области. Обсуждается необходимость снижения токсической нагрузки в теплицах и на территории вокруг них за счет увеличения доли использования биологических средств в системе защитных мероприятий в борьбе с тлями.

Ключевые слова: учеты на растениях, желтые водные ловушки, инсектициды, энтомофаги, микробиологические препараты.

Получение безвирусного семенного материала картофеля является одной из основных задач семеноводства этой культуры не только в России, но и во всем мире. Это сложный и дорогостоящий процесс, учитывая особенности развития вирусной инфекции и её латентный характер. Ситуация осложняется многообразием симптомов проявления вирусного поражения растений, вызываемых смешанной вирусной инфекцией, её источников, широкими возможностями передачи (с посадочным материалом, посредством контакта с пораженным растением, насекомыми и другими видами переносчиков) [Власов и др., 2016]. Все это обуславливает необходимость контроля пораженности растений картофеля вирусными заболеваниями разной этиологии на всех этапах семеноводства: от исходных маточных растений, микрорастений, мини клубней, выращиваемых в условиях защищенного грунта, до полевых репродукций, включая элиту.

Как правило, при выходе микрорастений из меристемных лабораторий посадочный материал является свободным от явной вирусной инфекции. Однако не исключается наличие некоторого её количества в латентной форме не улавливаемого современными методами анализа. Это ведет к накоплению вирусной инфекции при выращивании мини клубней и уже визуального её проявления в первом

и последующих полевых поколениях, что повсеместно отмечается в семеноводческих хозяйствах Северо-Запада РФ [Сухорученко и др., 2013].

Известно более 8 видов вирусов, способных развиваться на картофеле в условиях Северо-Западного региона: X-вирус картофеля (ХВК, крапчатая мозаика), Y-вирус картофеля (YBK, морщинистая мозаика), L- вирус картофеля (LBK, скручивание листьев), M- вирус картофеля (MBK морщинистое закручивание листьев), S- вирус (SBK, обыкновенная и складчатая мозаики) и др. [Власов и др., 2016]. Считается, что основными переносчиками этих вирусов, кроме ХВК, являются бобовая *Aphis fabae* Scop., персиковая *Myzus persicae* Sulz., большая *Macrosiphum euphorbiae* Thomas и обыкновенная картофельные *Aulacortum solani* Kalt., крушинная *Aph. nasturtii* Kalt. и крушинниковая *Aph. frangulae* Kalt. тли, способные развиваться на посадках семенного картофеля всех типов репродукций. В этой связи важным элементом борьбы с вирусными болезнями семенного картофеля является мониторинг развития тлей на всех этапах выращивания оздоровленных растений, начиная с микрорастений, для оптимизации системы защиты его посадок от повторного заражения вирусной инфекцией, переносимой этими насекомыми.

Методика исследований

Мониторинг развития тлей проводили на посадках мини клубней и полевых репродукций картофеля в семеноводческом хозяйстве ЗАО «Октябрьское» Волосовского района Ленинградской области с использованием традиционные методов – учет численности на 100 листьях растений картофеля и применении жёлтых ловушек Мёрике. В 2013 г. ловушки располагали непосредственно перед теплицами, в которые высаживали меристемные растения и на территории тепличного комплекса. В 2016 г. ловушки помещали непосредственно в теплицах. Наблюдения

проводили в июле и августе перед десикацией листьев, то есть в период, когда тли накапливаются на посадках картофеля в максимальной численности, и который является наиболее опасным моментом для проникновения вирусной инфекции из ботвы в клубни нового урожая. Отловленный в ловушки и собранный в поле энтомологический материал идентифицирован в лабораторных условиях ВИЗР старшим научным сотрудником, кандидатом биологических наук М.Н. Берим, за что авторы выражают ей свою благодарность.

Результаты исследований

ЗАО «Октябрьское» является одним из крупных хозяйств Ленинградской области по производству семенного картофеля. В нем имеется биотехнологический комплекс, включающий меристемную лабораторию для культивирования микрорастений картофеля и пленочные теплицы для получения мини клубней. Частично микрорастения выращивают и на территории возле теплиц. Система защитных мероприятий в хозяйстве базируется на комплексе агротехнических мероприятий, направленных на со-

хранение 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]. Количество химических обработок, используемых в системе защитных мероприятий, достаточно высоко. Помимо применения препаратов тиаметоксама из класса неоникотиноидов, обладающих си-

стемной активностью, путем внесения их в грунт при высадке микрорастений или для обработки клубней полевых репродукций, проводят еще 4–5 и более обработок вегетирующих растений инсектицидами из класса пиретроидов. Известно, что токсическая нагрузка на агробиоценоз соединений практически одного химического класса может привести к снижению эффективности применяемых препаратов из-за развития к ним резистентности. В этой связи число препаратов для обработки вегетирующих растений было рекомендовано расширить за счет включения в систему борьбы фосфорорганических препаратов на основе диметоата, а также еще одного неоникотиноида – бисака (действующее вещество тиаклоприд).

На всех этапах выращивания семенного картофеля качество каждой его репродукции контролируется как специалистами самого хозяйства с использованием иммуноферментного анализа (ИФА), так и независимыми экспертами – лабораторией ФГБУ «Россельхозцентр» по Ленинградской области, и институтом картофелеводства им. А.Г. Лорха, от которого хозяйство получает семенной материал ряда сортов.

Результаты ежегодных анализов и сертификаты качества клубней свидетельствуют о том, что применяемая система защиты эффективна в борьбе с тлями-переносчиками вирусной инфекции на семенном картофеле. Тем не менее, в 2013 г. при проведении нами учетов на посадках семенного картофеля полевых репродукций была выявлена 1–5% заселенность растений различных сортов единичными особями бобовой, крушинной и большой картофельной тли. Были обнаружены также отдельные особи крушинной тли на мини-растениях, выращиваемых возле теплиц.

При этом на посадках суперсуперэлиты сортов Жуковский ранний, Рябинushка, Альвара, и Каратоп было выявлено 1–3% проб растений и до 10% проб растений на сортах Ред Скарлетт и Импала, зараженных вирусной инфекцией различной этиологии (S-, M-, Y- вирусы). В этой связи представлялось важным определение общей картины афидной нагрузки на территории тепличного комплекса, где выращиваются миниклубни.

В результате выполненных наблюдений с помощью жёлтых водных ловушек на территории тепличного комплекса в течение 2013 и 2016 гг. было выявлено 22 вида тлей, связанных пищевыми отношениями с овощными культурами и сорными растениями (8 видов), плодовыми и ягодными культурами (3 вида), древесной и кустарниковой растительностью, окружающей территорию тепличного комплекса (9 видов). Участие в переносе вирусной инфекции этими видами тлей предположительно, так как специальными исследованиями не доказано. В качестве известных переносчиков вирусов, связанных с посадками картофеля, было обнаружено 5 видов тлей (таблица). Необходимо отметить, что как число этих видов, так и их численность существенно варьируют в зависимости

от условий года. В крайне неблагоприятном для развития тлей 2016 г. (регулярные ливневые дожди, сильные ветры в период учетов) из 5 видов тлей-переносчиков вирусных заболеваний картофеля, обнаруженных в жёлтых водных ловушках в 2013 г., только один вид бобовая тля улавливалась ими в 2016 г.

Таблица. Видовой состав тлей на территории тепличного комплекса по выращиванию миниклубней картофеля в ЗАО «Октябрьское»

Кормовые растения	Виды тли	2013	2016
Картофель, овощные, цветочные культуры, сорные растения	<i>Aph. fabae</i> (бобовая)	+	+
	<i>Aph. nasturtii</i> (крушинная)	+	–
	<i>M. persicae</i> (персиковая)	+	–
	<i>M. euphorbiae</i> (большая картофельная)	+	–
	<i>A. solani</i> (обыкновенная картофельная)	+	–

В то же время в теплицах, где выращиваемые микрорастения подвергались интенсивным обработкам в течение сезона, не удалось обнаружить тлей какого-либо вида как при визуальных учетах на растениях, так и с помощью ловушек. Учитывая тот факт, что, несмотря на обработки посадок минирастений около тепличного комплекса, оба года исследований на его территории обнаруживались тли-переносчики вирусной инфекции, возможность их залёта в теплицы не исключается. Однако развитие тлей в теплицах сдерживается интенсивным применением инсектицидов.

С целью снижения токсического пресса на агробиоценоз картофеля в тепличном комплексе и околотепличных территорий необходимо вводить в систему защиты биологические средства (регулярные выпуски энтомофагов разных видов и микробиологические препараты с выраженным афидицидным эффектом). Помимо повышения эффективности борьбы с тлями путем сочетания химических и биологических средств, это будет способствовать улучшению санитарно-гигиенических условий для работников тепличных комплексов, а также предупреждению развития резистентности к афидидам в популяциях тлей-переносчиков вирусной инфекции. В то же время, анализ ситуации с пораженностью семенного картофеля разных репродукций вирусными заболеваниями и сравнительно низкой численностью тлей-переносчиков вирусов в хозяйстве позволяет предположить наличие, помимо тлей, и других переносчиков этой инфекции и мест её резервации вне картофельных полей, что требует проведения специальных исследований. Требуется также изучения вопроса, являются ли попадающие в ловушки виды тлей, помимо картофельных, посетителями растений картофеля или они привлекаются в ловушки желтым цветом. При этом все исследования должны сопровождаться регулярным мониторингом численности тлей как в теплицах, выращивающих миниклубни, так и на полевых репродукциях семенного картофеля.

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

Библиографический список (References)

- Власов Ю.И., Ларина Э.И., Трускинов Э.В. Сельскохозяйственная вирусология. Санкт-Петербург: ВИЗР. 2016. 235 с.
- Степанова Н.Г. Система защиты семенного картофеля от болезней и вредителей в Северо-Западном регионе / Материалы Третьего Всероссийского съезда по защите растений «Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем». 2013. т. 1. С. 183–185.
- Сухорученко Г.И., Иванова Г.П., Гончаров Н.Р., Долженко О.В., Наумова Н.И. Эффективность использования современных инсектицидов для

защиты семенных посадок картофеля от вредителей в Северо-Западном регионе / Сб. научных трудов «Научное обеспечение АПК в условиях реформирования»: Мат. межд. научно-практической конферен-

ции профессорско-преподавательского состава СПбГАУ, 2013. часть 1. С. 125–127.

Translation of Russian References

Stepanova N.G. System of protection of seed potatoes against diseases and pests in the Northwest region. In: Materialy Tret'ego Vserossiiskogo s'ezda po zashchite rastenii «Fitosanitarnaya optimizatsiya agroekosistem». 2013. V. 1. P. 183–185. (In Russian).

Sb. nauchnykh trudov «Nauchnoe obespechenie APK v usloviyakh reformirovaniya»: Mat. mezhd. nauchno-prakticheskoi konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava SPbGAU, 2013. V. 1. P. 125–127. (In Russian).

Sukhoruchenko G.I., Ivanova G.P., Goncharov N.R., Dolzhenko O.V., Naumova N.I. Efficiency of use of modern insecticides for protection of seed landings of potatoes against pests in the Northwest region. In:

Vlasov Yu.I., Larina E.I., Truskinov E.V. Agricultural virology. St. Petersburg: VIZR. 2016. 235 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 87–89

SITUATION WITH APHID VECTORS OF VIRAL POTATO DISEASES IN THE NORTHWEST OF RUSSIA

S.A. Volgarev, G.P. Ivanova, G.I. Sukhoruchenko

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

Results of aphid vectors of viral infection monitoring are given on potatoes at cultivation of mini-tubers and field reproductions in Oktyabrskoye Farm of the Volosovo district of the Leningrad region. The need of toxic loading decrease in greenhouses and adjacent territory is discussed by increasing the use of biological means for the aphid control in system of protective measures.

Keywords: monitoring; yellow water trap; insecticide; entomophage; microbiological preparation.

Сведения об авторах

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

*Волгарев Сергей Анатольевич. Зав. лабораторией, 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

Information about the authors

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

*Volgarev Sergey Anatolyevich. Head of Laboratory, PhD in Biology, e-mail: ecotoxicology@vizr.spb.ru

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

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

* Ответственный за переписку

* Responsible for correspondence

УДК 595.782

ДИАПАУЗА У *OSTRINIA NUBILALIS* HBN. ИЗ СЕВЕРНОГО ОЧАГА РАЗМНОЖЕНИЯ НА КУКУРУЗЕ В УСЛОВИЯХ ДЛИННОГО ДНЯ

А.Н. Фролов¹, М.Н. Берим¹, И.В. Грушевая¹, Ю.М. Малыш¹, Т.А. Рябчинская²,
Л.И. Трепашко³, А.В. Быковская³

¹Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург

²Всероссийский НИИ защиты растений, Рамонь Воронежской обл.

³РГУП «Институт защиты растений», Прилуки, Республика Беларусь

Гусеницы кукурузного мотылька из популяции, собранной с кукурузы на севере Воронежской обл., в массе уходили в диапаузу при благоприятных для развития этого вида условиях (фотопериод 16:8 час, температура 25 °C). Данный феномен, свидетельствующий о более сложных, чем ранее полагали закономерностях формирования экотипов у кукурузного мотылька по регуляции диапаузы, обсуждается в связи с низкой аттрактивностью стандартных композиций синтетического полового феромона в новых северных очагах массового размножения вредителя на кукурузе.

Ключевые слова: кукурузный мотылек, *Ostrinia nubilalis*, кукуруза, диапауза.

Кукурузный мотылек *Ostrinia nubilalis* (Hbn.) широко известен как один из наиболее опасных вредителей кукурузы [Фролов, 2006]. В последние десятилетия эта культура устойчиво лидирует в мировом сельскохозяйственном производстве по урожайности, занятым площадям и валовому сбору зерна; хозяйственное значение кукурузы

растет также и на территории б. СССР [Надточаев, 2008; Сотченко, Горбачева, 2011]. Интенсивный рост посевных площадей кукурузы способствует усилению вредной деятельности данного вида, в том числе расширению зоны его вредоносности, осуществляющемуся весьма быстрыми темпами. Так, хотя вред от кукурузного мотылька на ку-

кукурузе был отмечен в Беларуси лишь несколько лет назад [Трепашко и др., 2010], в настоящее время очаги массового размножения вредителя регистрируются повсеместно на всей территории республики [Трепашко и др., 2015]. На севере Воронежской обл. (п. Рамонь) кукурузный мотылек на кукурузе был обнаружен в 2011 г. (заселенность растений составила 0.4%). Спустя 5 лет вредитель здесь заселял уже от 6.8 до 25% растений этой культуры.

Материалы и методы исследований

Сбор завершивших питание на кукурузе гусениц кукурузного мотылька проводили осенью 2015 г. в новом очаге размножения вредителя на севере ареала (Воронежская обл. пос. ВНИИСС и Новожиловское обитания насекомого (Краснодарский край: пос. Ботаника Гулькевичского района, «БК» и хутор Слободка Славянского р-на, «СК»). Насекомые перезимовы-

Кукурузный мотылек – один из наиболее изученных видов насекомых, биологии которого посвящены десятки тысяч работ [Brindley et al., 1975]. Как следствие, представления о многих параметрах жизнедеятельности объекта приобрели аксиоматический характер [Beck, 1987; Hudon et al., 1989]. Так, общепринято мнение, что диапауза у кукурузного мотылька факультативна и все популяции насекомого развиваются поливольтинно в условиях длинного дня (16 час фото- и 8 час скотофазы) [Beck, 1989].

Результаты и обсуждение

Полученные результаты (таблица) свидетельствуют, что гусеницы популяции, происходящей из Воронежской обл., в отличие от особей из Краснодарского края, обнаруживают явную склонность к формированию диапаузы даже в условиях длинного дня.

Таблица. Окукливание гусениц кукурузного мотылька спустя 45 дней от помещения их в I возрасте на ИПС в условия длинного дня (фотопериод 16 : 8 час)

Популяция	Начало питания	Количество живых особей	Окукливание, %
ВР	01.06.	42	7.1
СК	28.05.	128	95.3
БК	28.05.	116	100.0
НСР ₀₅			16.5

Ранее было показано, что известные в качестве аттрактантов композиции синтетического полового феромона кукурузного мотылька, активно привлекающие самцов в традиционных для вредителя зонах (например, Краснодарском крае), характеризуются весьма низкой аттрактивностью или полным ее отсутствием в новых север-

вали в лаборатории, их разведение осуществляли в стеклянных садках на искусственной питательной среде (ИПС) С. Пуату и Р. Бю [Фролов, Вилкова, 1978], помещенных в термофотокамеру при постоянной температуре $25 \pm 2^\circ\text{C}$ и фотопериоде 16 : 8 час. Подсчет числа живых гусениц и куколок проводили спустя 45 дней после помещения отродившихся из яиц гусениц 1 возраста на ИПС.

ных очагах размножения вредителя (Воронежской обл. и Республике Беларусь) [Фролов и др., 2015; Рябчинская, 2016]. Представленные нами экспериментальные данные об особенностях формирования диапаузы у популяции кукурузного мотылька с севера ареала дают основание предполагать, что феномен низкой аттрактивности стандартных феромонных композиций для особей из новых северных очагов массового размножения вряд ли случаен. Вполне вероятно, что сохранение адаптаций у обитающих в новых очагах популяций насекомого к сезонной цикличности нуждается в охране от вероятного разрушения в результате обмена генами с обитающими южнее популяциями. Впервые феномен скачкообразного изменения фотопериодической реакции у обитающих на севере насекомых был обнаружен Ду Чжень-вэнем [1961], однако изучавшиеся им популяции, очевидно, принадлежали к разным видам – *O. nubilalis* и *O. scapularis* Wlk. Наши исследования, выполненные на географических популяциях *O. nubilalis*, свидетельствуют о более сложном, чем ранее полагали [Beck, 1987], формировании экотипов у кукурузного мотылька по регуляции диапаузы.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 16-54-00144).

Библиографический список (References)

- Ду Чжень-вэнь. Роль сезонных адаптаций в фенологии и распространении кукурузного мотылька (*Pyrausta nubilalis* Hbn.): Автореф. ... канд. дисс. Л.: ЛГУ, 1961. 20 с.
- Надточаев Н.Ф. Кукуруза на полях Беларуси. Минск: ИВЦ Минфина, 2008. 412 с.
- Рябчинская Т.А. Стеблевой кукурузный мотылек и методы его мониторинга // Защита и карантин растений. 2016. N 1. С. 25–28.
- Сотченко В. С., Горбачева А. Г. Производство кукурузы и особенности ее семеноводства в России // Земледелие. 2011. Т. 2. С. 3–5.
- Трепашко Л. И., Быковская А. В., Надточаева С. В. Вредоносность *Ostrinia nubilalis* Hbn. и система мероприятий по снижению его численности в Беларуси // Российско-Белорусский семинар по вопросам защиты кукурузы от вредителей. Сб. трудов. С.-Петербург- Пушкин, 25 февраля 2015 г. СПб.: ВИЗР, 2015. С. 4–15.
- Трепашко Л.И., Надточаева С.В., Майсеенко А.В. Стеблевой мотылек (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) – новый вредитель кукурузы в Беларуси // Белорус. сел. хоз-во. 2010. N11. С.24–28.
- Фролов А. Н. Динамика численности кукурузного мотылька и ее прогноз // Бюлл. МОИП, отд. биол. 2006. Т. 111. Вып. 1. С. 10–14.
- Фролов А.Н., Вилкова Н.А. Методические указания по изучению внутривидовой изменчивости стеблевого мотылька в связи с кормовой специализацией. Л.: ВИЗР, 1978. 19 с.
- Фролов А.Н., Грушевая И.В., Рябчинская Т.А., Трепашко Л.И., Быковская А.В. Испытания полового феромона *Ostrinia nubilalis* Hbn. в новых очагах массового размножения вредителя: первые результаты // Российско-Белорусский семинар по вопросам защиты кукурузы от вредителей. Сб. трудов. С.-Петербург- Пушкин, 25 февраля 2015 г. СПб.: ВИЗР, 2015. с. 16–22.
- Beck S. D. Developmental and seasonal biology of *Ostrinia nubilalis* // Agr. Zool. Rev. 1987. V. 2. P. 59–96.
- Beck S. D. Factors influencing the intensity of larval diapause in *Ostrinia nubilalis* // J. Insect Physiol. 1989. V. 35, N 2. P. 75–79.
- Brindley T. A., Sparks A. N., Showers W. B., Guthrie W. D. Recent research advances on the European corn borer in North America // Annu. Rev. Entomol. 1975. V. 20. P. 221–239.
- Hudon M., LeRoux E. J., Harcourt D. G. Seventy years of European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) research in North America // Agric. Zool. Rev. 1989. V. 3. P. 53–96.

Translation of Russian References

- Du Zhen-ven. Role of seasonal adaptations in phenology and distribution of the European corn borer (*Pyrausta nubilalis* Hbn.): Autoref. Thesis ... Cand. Biol. Sci. – Leningrad: Leningrad State Univ., 1961. 20 p. (In Russian)
- Frolov A. N. Population dynamics of the European corn borer and its forecast. Bull. MOIP, Otd. biol. 2006. V. 111. N. 1. P. 10–14. (In Russian)
- Frolov A.N., Grushevaya I.V., Ryabchinskaya T.A., Trepashko L.I., Bykovskaya A.V. Trials of sex pheromone of *Ostrinia nubilalis* Hbn. in new spots of mass reproduction of the pest: first results. Rossiisko-Beloruskii Seminar po voprosam zashchity kukuruzy ot vrediteli. Sb. trudov. St. Petersburg - Pushkin, February 25, 2015 Saint Petersburg. VIZR, 2015. P. 16–22. (In Russian)
- Frolov A.N., Vilkovala N. A. Methodical instructions on studying of intraspecific variability of the European corn borer in connection with food specialization. Leningrad: VIZR, 1978. 19 p. (In Russian)
- Nadtochayev N. F. Maize on fields of Belarus. Minsk: IVTs Minfin, 2008. 412 p. (In Russian)
- Ryabchinskaya T.A. The European corn borer and procedures of its monitoring. Zashchita i Karantin Rastenii. 2016. N 1. P. 25–28. (In Russian)
- Sotchenko V. S., Gorbacheva A. G. Production of maize and features of crop seed farming in Russia. Zemledelie. 2011. V. 2. P. 3–5. (In Russian)
- Trepashko L. I., Bykovskaya A. V., Nadtochayeva S. V. Harmfulness of *Ostrinia nubilalis* Hbn. and system of measures to decrease pest numbers in Belarus. Rossiisko-Beloruskii Seminar Po Voprosam Zashchity Kukuruzy Ot Vrediteli. Sb. trudov. St. Petersburg - Pushkin, February 25, 2015. Saint Petersburg. VIZR, 2015. P. 4–15. (In Russian)
- Trepashko L.I., Nadtochayeva S.V., Mayseenko A.V. The European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) – the new pest of maize in Belarus. Belorus. sel. hoz-vo. 2010. N11. P. 24–28. (In Russian)

Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 89–91

DIAPAUSE IN *OSTRINIA NUBILALIS* FROM NORTHERN FOCUS OF PEST OUTBREAK ON MAIZE UNDER LONG DAY CONDITION

A.N. Frolov¹, M.N. Berim¹, I.V. Grushevaya¹, Y.M. Malysh¹, T.A. Ryabchinskaya², L.I. Trepashko³, A.V. Bykovskaya³

¹All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia

²All-Russian Institute of Plant Protection, Ramon District, Voronezh Region, Russia

³Institute of Plant Protection, Priluki, Minsk District, Belarus

Most of the European corn borer larvae originated from stock collected on maize plants grown in the north of the Voronezh Region enter diapause under conditions favorable for permanent development (photoperiod 16:8, 25 °C). This event is discussed in parallel with earlier published data on low attractiveness of commercial sex pheromones applied in new northern loci of pest harm, demonstrating more complicated regularities of ecotype formation in the European corn borer than earlier believed.

Keywords: European corn borer; *Ostrinia nubilalis*; maize; diapause.

Сведения об авторах

Всероссийский НИИ защиты растений, шоссе Подбельского, 3, 196608 Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация
*Фролов Андрей Николаевич, зав. лаб., д.б.н., профессор, e-mail: vizrspsb@email.ru
Берим Марина Николаевна, старший научный сотрудник, к.б.н., Грушевая Инна Валентиновна, младший научный сотрудник, Мalysh Юлия Михайловна, научный сотрудник, к.б.н., Всероссийский НИИ защиты растений, 306030, Воронежская обл., Рамонский район, п. ВНИИСС, д. 92, Российская Федерация
Рyabchinskaya Татьяна Алексеевна, ведущий научный сотрудник, д.с.-х.н., профессор
Республиканское унитарное предприятие “Институт Защиты Растений”, ул. Мира, 2, пос. Прилуки, Минский р-н, 223011, Республика Беларусь
Trepashko Людмила Ивановна, зав. лаб., д.б.н., профессор, Быковская Анна Владимировна, старший научный сотрудник, к.с.-х.н.

* Ответственный за переписку

Information about the authors

All-Russian Institute of Plant Protection, Podbelskogo shosse, 3, 196608, St. Petersburg, Pushkin, Russian Federation
*Frolov Andrei Nikolaevich. Prof., DSc in Biology, Head of Laboratory e-mail: vizrspsb@email.ru
Berim Marina Nikolaevna. PhD in Biology, Senior Scientific Worker
Grushevaya Inna Valentinovna. Junior Scientific Worker
Malysh Julia Mikhailovna. PhD in Biology, Scientific Worker
All-Russian Institute of Plant Protection, 306030, Ramon District, Voronezh Region, VNISS, 92, Russian Federation
Ryabchinskaya Tatyana Alekseevna. Prof., DSc in Biology, Leading Researcher
Republican Unitary Enterprise “Institute of Plant Protection”, Mira St., 2, Settlement of Priluki, Minsk District, 223011
Trepashko Lyudmila Ivanovna. Prof., DSc in Biology, Head of Laboratory
Bykovskaya Anna Vladimirovna. PhD in Agriculture, Senior Researcher

* Responsible for correspondence

УДК 632.35:635.63

АРЕАЛ И ЗОНЫ ВРЕДНОСНОСТИ УГЛОВАТОЙ ПЯТНИСТОСТИ ЛИСТЬЕВ ОГУРЦА

А.М. Лазарев¹, Е.Н. Мысник¹, Ю.Б.Рогачев²

¹Всероссийский НИИ защиты растений, Санкт-Петербург,

²Ботанический сад I Медицинского Института им. И.М. Сеченова, Москва

Приведены сведения по симптоматике угловатой пятнистости листьев огурца и биологическим признакам его возбудителя. Описаны ареал и зона вредоносности этого заболевания на территории б. Советского Союза. Даны меры борьбы с угловатой пятнистостью огурца.

Ключевые слова: угловатая пятнистость огурца, симптоматика, ареал, вредоносность, меры борьбы.

Огурец посевной (*Cucumis sativus* L., сем. *Cucurbitaceae* Juss.) поражается рядом заболеваний, среди которых

специалисты считают угловатую пятнистость наиболее распространенным бактериозом этой культуры [Билай и

др., 1988; Джаймурзина, 1979; Сильванович, 1990; Лазарев, 1993, 1995, 2005; Косова, 2006].

Болезнь поражает семядоли, листья, цветы и плоды. На семядолях появляются мелкие светло-коричневые пятна. Затем поражение распространяется на всю их поверхность. Больные всходы с изуродованными семядолями обычно погибают. На листьях болезнь проявляется в виде угловатых маслянистых коричневых пятен. Такие пятна могут занимать значительную площадь листовой поверхности. Затем больная ткань выкрашивается, и листья становятся дырявыми. На плодах бактериоз вызывает язвы. Молодые плоды искривляются и приобретают уродливую форму. Во влажную погоду на язвах появляется экссудат.

Меры борьбы включают комплекс агротехнических мероприятий, направленных на выращивание здоровых растений, в том числе на соблюдение севооборота, правильное внесение минеральных удобрений (с преобладанием калийных), обработку семян перед посевом, обработку растений во время вегетации пестицидами и комплексом микроэлементов, тщательное уничтожение растительных остатков и подбор устойчивых сортов. Угловатая пятни-

стость листьев имеет распространение в США, Канаде, Уругвае, Англии, Ирландии, Венгрии, Румынии, Австралии, в Северной и Южной Америке и других странах, а также на всей территории б. СССР, где возделывают эту сельскохозяйственную культуру в открытом и закрытом грунте [Билай и др., 1988].

При уточнении конфигурации границ ареала и зон вредоносности данного бактериоза на территории Российской Федерации и сопредельных государств за основу была взята карта распространения огурца, предложенная Н.В. Терехиной [2005], на фоне размещения пахотных земель согласно И.Е.Королевой [2003], а также использованы опубликованные в открытой печати литературные источники [Афонин и др., 2008]. Векторная карта распространения бактериоза (рис.) приготовлена в масштабе 1:20 000 000 в проекции Равновеликая Альберса на СССР, 9, 1001, 7, 100, 0, 44, 68, 0, 0 с помощью средств ГИС-технологий. Она состоит из двух тематических слоев, характеризующих зону распространения и зону высокой вредоносности болезни на огурце.

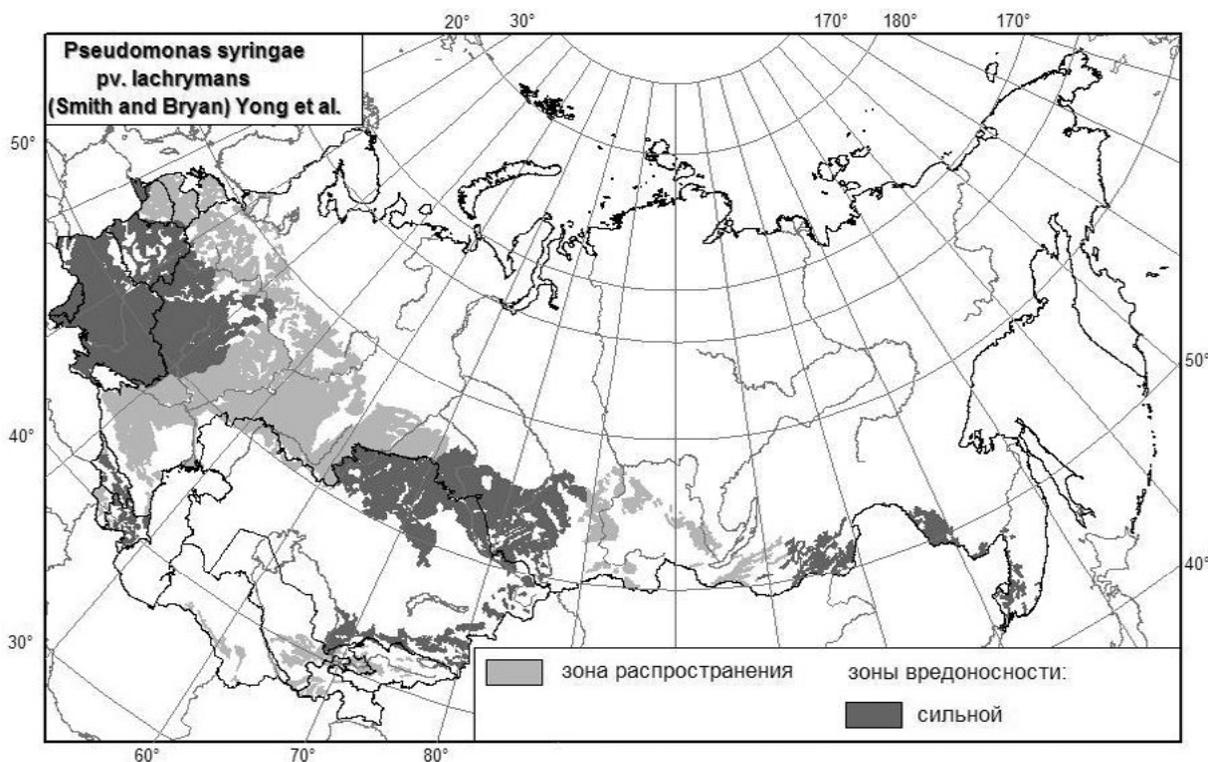


Рисунок. Векторная карта ареала и зоны вредоносности угловатой пятнистости листьев огурца *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* (Smith and Bryan) Yong et al.

В данной сводке на всей территории стран б. Советского Союза, где выращивают эту культуру в открытом и закрытом грунте – в Российской Федерации [Билай и др., 1988; Лазарев, 1995; Лазарев и др., 2003; Степановских и др., 2004; Косова, 2006], а также в других странах СНГ [Оганесян, 1964; Казенас, 1965; Элиашвили, 1971; Джаймурзина, 1979; Сильванович, 1990; Сидяревич и др., 1998] зона высокой вредоносности определена в тех регионах, где спорадически возникают эпифитотии и могут поражаться 15% и более растений. Она включает Республику Мордовия, Читинскую, Калининградскую области, Центральную, Центрально-Черноземную, Западно-Сибирскую и Дальневосточную зоны, а также Беларусь,

Украину, Азербайджан, Молдавию, Грузию и Казахстан [Оганесян, 1964; Элиашвили, 1971; Джаймурзина, 1979; Билай и др., 1988; Сильванович, 1990; Лазарев и др., 2003; Косова, 2006]. Так, в Калининградской области фиксируют до 60–65% больных растений. В Республике Мордовия отмечают до 30–40% пораженных растений и 14% больных плодов. В Уссурийском и Чугуевском районах Приморского края пораженность растений ранних сроков посева достигает 100%, в Амурской области пораженность плодов до 40%, в Сахалинской – до 90% больных растений. В Черноземной (Курская и Воронежская области), Центральной (Калужская и Московская области), Северо-Кавказской (Краснодарский и Ставропольский края),

Западно-Сибирской зонах и Читинской области указывают до 30–90% больных растений. На Украине отмечают от 25 до 90% больных растений в зависимости от сорта и района возделывания огурца. В Беларуси поражение растений превышает 25–35% растений. В Азербайджане бак-

териоз поражает 16.6–25.7% растений в зависимости от культивируемого сорта. В Казахстане количество больных растений составляет 60% и более (при развитии бактериоза 16%).

Работа выполнена в рамках проекта МНТЦ N 2625.

Библиографический список (References)

- Афонин А.Н. Агроэкологический атлас России и сопредельных государств: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения (Интернет-версия 2.0) / А.Н.Афонин, С.Л.Грин, Н.И.Дзюбенко, А.Н.Фролов // <http://www.agroatlas.ru> 2008.
- Билай В.И. Микроорганизмы – возбудители болезней растений / В.И.Билай, Р.И.Гвоздяк, И.Г.Скрипаль, В.Г.Краев, И.А.Элланская, Т.И.Зирка, В.А.Мурас // Киев: Наукова думка, 1988. 552 с.
- Джаймурзина А.А. Распространение инфекции при угловатой пятнистости огурца // Картофель и овощи, 1979, N 5. С. 29–30.
- Казенас Л.Д. Болезни сельскохозяйственных растений. Алма-Ата: Кайнар, 1965. 64 с.
- Королева И.Е. Компьютерная карта пахотных земель // И.Е.Королева, Е.В.Вильчевская, Д.И.Рухович / М.: Лаб. почвенной информации Докучаевского ин-та почвоведения, 2003.
- Косова В. Н. Биологические особенности возбудителей угловатой и оливковой пятнистостей огурца и меры борьбы с ними в условиях Курганской области / Автореф. канд. дисс. // Курган: Курган. ГСХА им. Т.О.Мальцева, 2006. 20 с.
- Лазарев А.М. Бактериальные болезни растений / В кн.: Болезни культурных растений // СПб: ГНУ ВИЗР, 2005. С. 174–180.
- Лазарев А.М. Бактериальные и актиномикетные болезни растений на территории Российской Федерации / СПб: ГНУ ВИЗР, 1995. 28 с.
- Лазарев А.М. Перечень основных вредоносных бактериозов важнейших сельскохозяйственных культур на территории Российской Федерации. СПб, 1993. 50 с.

- Лазарев А.М. Методические рекомендации по изучению бактериозов огурца и мерам борьбы с ними (ред. В.А.Павлошин) / А.М.Лазарев, Ю.Б.Рогачев, О.Г.Иванова // СПб: ГНУ ВИЗР, 2003. 24 с.
- Оганесян А.А. Бактериоз огурцов в Армении и разработка мероприятий по борьбе с ним / Автореф. канд. дисс. // Ереван, 1964. 24 с.
- Рыбалко А.А. Прогноз бактериозов овощных культур в Алтайском крае / Сб.: Бактериальные болезни картофеля и овощных культур и методы борьбы с ними // М., 1994. С. 85–89.
- Сильванович Н.А. Особенности проявления бактериозов капусты и огурца в Белоруссии / Н.А.Сильванович, С.Ф.Сильванович // Экол. проблемы защиты растений. Конф. мол. ученых. Л.: ВИЗР, 1990. С. 111–112.
- Степановских А.С. Биоэкологические особенности, распространённость и вредоносность болезней огурца и разработка мер борьбы с ними в условиях Курганской области / А.С.Степановских, Ю.А.Усольцев, А.А.Постовалов, В.В.Коропа, Л.А.Халус, О.А.Паластрова, В.Н.Косова // Защита ячменя, гороха и овощных культур от болезней и вредителей в Зауралье. Деп. ЦИИТЭИ агропром, ВС-2004. С. 99–134.
- Терехина Н.В. Ареал огурца посевного (*Cucumis sativus* L.). 2004. <http://www.agroatlas.ru>.
- Элиашвили П.К. Бактериоз огурцов в Грузии // Тез. сес. Закавказ. Сов. по координации науч.-иссл. работ по защите растений. Ереван, 1971. С. 241–243.

Translation of Russian References

- Afonin A.N., Grin S.L., Dzyubenko N.I., Frolov A.N. et al. Interactive Agricultural Ecological Atlas of Russia and Neighboring Countries: Economic Plants and their Diseases, Pests and Weeds (Internet version 2.0). [Http://www.agroatlas.ru](http://www.agroatlas.ru) 2008. (In Russian).
- Bilay V.I., Gvozdyak R.I., Skripal I.G., Kraev V.G., Ellanskaya I.A., Zirka T.I., Muras V.A. Microorganisms – pathogens of plants. Kiev: Naukova Dumka, 1988, 552 p. (In Russian).
- Dzhaimurzina A.A. 1979. Distribution of infection of angular spot of cucumber. *Kartofel' i ovoshchi*. N 5: 29–30. (In Russian).
- Eliashvili P.K. 1971. Bacteriosis of cucumbers in Georgia. In: *Tez. ses. Zakavk. Sov. po koordinatsii nauch.-issl. rabot po zashchite rastenii*. Yerevan: Echmiadzinskoe izdatelstvo, p. 241–243 (in Georgian).
- Kazenas L.D. 1965. Diseases of agricultural plants. Alma-Ata: Kainar, 64 p. (In Russian).
- Koroleva I.E., Vilchevskaya E.V. Rukhovich D.I. 2003. Computer map of the arable land. Moscow Laboratory of Soil information of Dokuchaev Institute of Soil Science. (In Russian).
- Kosova V.N. Biological features of pathogens of angular and olive cucumber spots and measures against them in the Kurgan Region. PhD Thesis. Kurgan: GSKhA im. T.O.Mal'tseva, 2006, 20. (In Russian).
- Lazarev A.M. 1993. List of the main harmful bacterial diseases on major crops in the Russian Federation. Leningrad: VIZR. 50 p. (In Russian).
- Lazarev A.M. 1995. Bacterial and actinomycetic diseases of plants in the Russian Federation. St. Petersburg: VIZR. 28 p. (In Russian).

- Lazarev A.M. 2005. Bacterial diseases of plants. In: *Bolezni kul'turnykh rastenii*. St. Petersburg: VIZR, p. 174–180. (In Russian).
- Lazarev A.M., Rogachev Yu.B., Ivanova O.G. 2003. Guidelines for the study of bacterial diseases of cucumber and measures against them. St. Petersburg: VIZR. 24 p. (In Russian).
- Oganesyanyan A.A. 1964. Bacteriosis of cucumbers in Armenia and development of actions on its control. PhD Thesis. Yerevan, 24 p. (In Russian).
- Rybalko A.A. Forecast of bacterial diseases of vegetable crops in the Altai Territory. In: *Bakterial'nye bolezni kartofelya i ovoshchnykh kul'tur i metody bor'by s nimi*. Moscow, 1994, p. 85–89. (In Russian).
- Silvanovich N.A., Silvanovich S.F. 1990. Symptoms of bacteriosis of cabbage and cucumber in Belarus. In: *Conference of young scientists*. In: *Ekol. problemy zashchity rastenii. Konf.mol.uchenykh*. Leningrad: VIZR, p. 111–112. (In Russian).
- Stepanovskikh A.C., Usoltsev Yu.A., Postovalov A.A., Koropa V.V., Khalus L.A., Palastrova O.A., Kosova V.N. Bioecological features, prevalence and disease severity cucumber and development of measures to deal with them in the conditions of Kurgan area. In: *Zashchita yachmenya, gorokha i ovoshchnykh kul'tur ot boleznei i vreditel'ei v Zaural'e*. Dep. TsIIITEI agroplom, BC-2004, p. 99–134. (In Russian).
- Terekhina N.V. The area of seed cucumber (*Cucumis sativus* L.). 2004. [Http://www.agroatlas.ru](http://www.agroatlas.ru). (In Russian).

Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 91–94

AREA AND HARMFULNESS ZONES OF ANGULAR LEAF SPOT OF CUCUMBER

A.M. Lazarev¹, E.N. Mysnik¹, Yu.B. Rogachev²

¹All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg, Russia;

²Botanic Garden of I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

Symptoms of angular leaf spot of cucumber and biological properties of this pathogen are presented. The area and zone of harmfulness of this disease on the territory of the former Soviet Union are described. Control measures against the angular leaf spot of cucumber are proposed.

Keywords: angular leaf spot; cucumber; symptom; range; harmfulness; control measures.

Сведения об авторах

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

*Лазарев Александр Михайлович. Старший научный сотрудник,
кандидат биологических наук, e-mail: allazar54@mail.ru

Мысник Евгения Николаевна. Научный сотрудник,
кандидат биологических наук, e-mail: vajra-sattva@yandex.ru

Ботанический сад ФГБОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова
Минздрава России, 4-й Красногвардейский проезд, 20, г. Москва,

Российская Федерация,
Рогачев Юрий Борисович. Сотрудник, кандидат биологических наук,
e-mail: i-zoom@yandex.ru

* Ответственный за переписку

Information about the authors

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

*Lazarev Alexander Mikhailovich. Senior Researcher,
PhD in Biology, e-mail: allazar54@mail.ru

Mysnik Evgeniya Nikolaevna. Researcher, PhD in Biology,
e-mail: vajra-sattva@yandex.ru

Botanic Garden of I.M. Sechenov First Moscow State Medical University,
4th Krasnogvardeisky proezd 20, Moscow, Russian Federation

Rogachev Yurii Borisovich. Researcher, PhD in Biology,
e-mail: i-zoom@yandex.ru

* Responsible for correspondence

УДК: 632.4:635.657

ОСНОВНЫЕ БОЛЕЗНИ НУТА В БОГАРНЫХ УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМИ

Ж.Х. Рахманов

Узбекский научно-исследовательский институт защиты растений, г. Ташкент

В условиях Узбекистана нут является основной бобовой культурой, используемой для удовлетворения потребности населения в белке, и входит в состав кормового баланса животных. В богарных условиях наиболее значимы следующие болезни: корневая гниль, фузариозное увядание, аскохитоз и мучнистая роса. Наиболее распространенным и вредоносным являются фузариозное увядание, вызывающее сильное изреживание всходов, обусловленное семенной и почвенной инфекцией. Суммарная распространенность зараженных возбудителями болезней растений в посевах изменялась и составила: 77.7% в Фаришском районе, 56.9% в Бахмалском, 48.7% в Зааминском и 37.5% в Галларалском районе Джизакской области. При этом фузариозное увядание отмечалось у 38.5–58.5% растений и зависело от условий района. Протравливание семян фунгицидами позволило уменьшить выпадения растений с 21.7% в контроле, до 7.7% (Геркулес), 6.3 (Раксил новый), 3.9% (Виал ТраcГ). Биологическая эффективность протравителей семян против фузариоза составила: Геркулес – 52.8%, Раксил новый – 55.5%, Виал ТраcГ – 72.2%.

Ключевые слова: нут, корневая гниль (*Rhizoctonia solani*), фузариозное увядание (*Fusarium oxysporum f.sp.ciceris*), аскохитоз (*Ascochyta rabiei* (Pass) Lab., мучнистая роса (*Leveillula taurica f. ciceris*), протравители, биологическая эффективность.

Нут – одна из древнейших высокобелковых зернобобовых культур, которую сейчас возделывают почти во всех странах мира с кормовыми, пищевыми, декоративными и фармацевтическими целями [Свешникова, 1979].

Возбудители болезней бобовых культур по В.А. Чулкиной [1991] относятся к почвенной (корневые) и почвенно-воздушно-семенной инфекции. Основным фактором распространения данной инфекции служит почва, дополнительным – посевной материал, воздушные течения, капли дождя.

Важную роль в получении высоких урожаев бобовых играет технология возделывания. Подготовка семян к посеву начинается с фитоэкспертизы, на основании которой выбирается эффективный протравитель, биопрепарат или комбинированный протравочный состав [Яковлев, 1991].

До середины 90-х годов широкое распространение в большинстве областей Центральной России, а также в Прибалтике, Белоруссии, Татарстане, Краснодарском

крае, на Украине имела афаномитетная корневая гниль [Котова, 1979]. К настоящему времени наиболее распространена фузариозная корневая гниль бобовых, потери урожая от которых могут составлять 30–50% и более, а в отдельные годы вызывать полную гибель посевов. Вредоносность заболевания в значительной степени варьирует по годам и районам в зависимости от накопления в почве вирулентных форм, от агроклиматических условий зоны и физиологического состояния растений-хозяев [Курилова, 2013].

В Узбекистане нут (*Cicer arietinum* L.) является основной бобовой сельскохозяйственной культурой, выращиваемой для удовлетворения потребности населения в растительном белке, она входит в основной состав кормового баланса животных. Нут накапливает более 40 кг/га азота в почве и повышает её плодородие. По данным 2015 года, в Узбекистане бобовые выращиваются на площади 20099.0 га, в том числе в фермерских хозяйствах 11483.0 га и в

личных хозяйствах 811.0 га. Однако в благоприятных для развития болезней экологических условиях урожайность нута на богаре составляет 7–8, а на поливных землях – 12–19 ц/га. Зараженные возбудителями болезней растения

отстают в росте и развитии, имеют низкое качество семян в результате накопления в них токсических метаболитов.

С целью разработки мер борьбы с возбудителями болезни нута проводилась оценка их распространения в богарных условиях Узбекистана.

Материалы и методы исследований

В 2013–2015 гг. нами были проведены маршрутные обследования на площади 537.3 га посевов нута в Бахмалском, Галларальском, Зааминском и Фаришском районах Джизакской области республики и проведены микологические анализы собранных 493 экземпляров гербарных образцов.

Изучение биологической эффективности предпосевной об-

работки семян нута против фузариозов проводилось путем постановки вегетационных опытов в фермерском хозяйстве им. «Шерали ота Жахангир» в Галларальском районе с использованием следующих фунгицидов: Геркулес 6% в.р.с. (тебуконазол) 0.5 л/т, Раксил новый 2.5% в.р.с. (тебуконазол) 0.7 л/т, Виал ТрасТ 12.9% в.с.к. (тиабендазол +тебуконазол) 0.3 л/т (табл.2).

Результаты исследований

Как показали результаты учета, весной происходит выпад 10–12% семян всходов нута от полеганий. В ранний период вегетации у 7–11% растений отмечаются корневые гнили, у 10–15% растений – болезни трахеомикозного типа и у 5–7% – поражение семян. По результатам учетов полевой всхожести растений установлено, что всходы из зараженных и щуплых семян полегли сразу или в фазе образования двух семядольных листьев, больные растения чернели и загнивали. Согласно результатам микологических анализов больных растений нута, их поражение в богарных условиях вызывают в основном грибы рода *Fusarium*. Иногда из листьев, стеблей выделяется грибы родов *Penicillium*, *Aspergillus*.

Корневые гнили сильнее всего проявляются в фазу всходов, но могут также вызывать гибель растений в течение всей вегетации. Они встречаются повсеместно, однако развиваются наиболее интенсивно на участках песчано-серозёмных почв. Как видно из данных таблицы 1, в Джизакской области нами было обследовано 537.3 га площади посевов нута и собрано 493 растений нута с различными симптомами болезни. Самая высокая поражаемость нута была отмечено в Фаришском (77.7%) и Бахмалском (56.9%) районах, сравнительно ниже – в Галларальском (37.5%) и Зааминском (48.7%) районах. По географиче-

скому расположению Фаришский район расположен на северном склоне Нуратинской горной системы, Галларальский район на южном склоне этой горной системы. Зааминский и Бахмалский районы расположены на северном склоне Туркестанской горной системы.

Установлено, что 279 проанализированных растений (55.2%) поражены возбудителями различных грибных болезней. Среди них особое место занимает фузариоз (38.4%). Немаловажную роль играет аскохитоз (6.2%), корневая гниль (4.2%), мучнистая роса (1.9%). При этом корневая гниль и фузариозное увядание нута из года в год увеличиваются, в распространенности остальных болезней просматривается тенденция к снижению. Это связано с тем, что в последние годы отмечается систематическое повышение температуры и сухости воздуха, а также снижение влажности почвы из за маловодия и уменьшения осадков в весенний период. Согласно результатам наблюдений, всходы нута погибают от корневой гнили и часть растений увядает от фузариоза во время вегетации. При поражении, основную роль играет семенная и почвенная инфекция.

Изучение биологической эффективности предпосевной обработки семян нута против фузариоза проведено в вегетационных опытах (табл. 2).

Таблица 1. Фитосанитарное состояние посевов нута в Джизакской области (2013–2015 гг.)

Районы	Обследованная площадь, га	Проанализировано растений, шт.	Больных растений	В том числе			
			шт. / %	Корневая гниль (<i>Rhizoctonia solani</i>), шт. / %	Фузариозное увядание (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>ciceris</i>), шт. / %	Аскохитоз (<i>Ascochyta rabiei</i> (Pass) Lab., шт. / %	Мучнистая роса (<i>Leveillula taurica</i> f. <i>ciceris</i>), шт. / %
Галларал	102.0	120.0	45 / 37.5	5 / 4.2	24 / 20.0	6 / 5.0	3 / 2.5
Бахмал	176.5	160.0	91 / 56.9	7 / 4.4	59 / 36.9	12 / 7.5	5 / 0.3
Заамин	55.8	78.0	38 / 48.7	3 / 3.8	30 / 38.5	5 / 0.6	–
Фариш	203.0	135.0	105 / 77.7	6 / 4.4	79 / 58.5	16 / 11.8	4 / 2.9
Всего	537.3	493.0	279 / 55.2	21 / 4.2	192 / 38.4	39 / 6.2	12 / 1.9

Таблица 2. Биологическая эффективность предпосевной обработки семян нута против фузариоза (Джизакская область, Галларальский район, Село Накрач, фермерское хозяйство «Шерали ота Жахангир» 2013–2015 гг.).

Варианты	Норма расхода препарата, л/т	Растений на 1 м ² , шт.	Здоровых растений		Больных растений		Биологическая эффективность, %
			шт.	%	шт.	%	
Геркулес 6% в.р.с.	0.5	22.0	18.0	81.8	1.7	7.7	52.8
Раксил новый 2.5% в.р.с.	0.7	25.3	23.6	93.2	1.6	6.3	55.5
Виал ТрасТ 12.9% в.с.к.	0.3	25.3	23.7	93.7	1.0	3.9	72.2
Контроль (без обработки)	–	16.6	11.6	69.8	3.6	21.7	–

Согласно приведенным в таблице 2 данным, предпосевная обработка семян нута фунгицидами приводит к существенному увеличению всхожести. При наличии в контроле к периоду уборки 16.6 шт. / м² сохранившихся растений, в вариантах с протравителями их количество возросло до 22–25.3 шт. / м². Количество больных растений в контрольном варианте 21.7%, а в опытном варианте

с протравлителем Геркулес 7.7%, Раксил новый 6.3%, Виал ТрасТ – 3.9% растений.

Таким образом, предпосевное протравливание семян приводит к увеличению непораженных растений на 22–23.9%. Биологическая эффективность протравителей семян против фузариоза составила: Геркулес – 52.8%, Раксил новый – 55.5%, Виал ТрасТ – 72.2%.

Библиографический список (References)

- Котова В.В. Распространение и особенности паразитизма гриба *Aphanomyces euteiches* Drechsl. / Микология и фитопатология, 1979, т. 13, вып. 6. С. 485–488.
- Курилова Д. А. Фузариоз сои и перспективные штаммы (*Chaetomium* и *pseudomonas*) для микробиологической защиты культуры: Автореф. ... канд. дисс. СПб. 2013. 24 с.
- Свешникова И.Н. Цитогенетика рода *Vicia*. М.: Изд. Наука. 1979. 153 с.
- Чулкина В.А. Биологические основы эпифитотологии. М.: Агропромиздат. 1991. 286 с.
- Яковлев Г.П. Бобовые земного шара. Л.: Изд. Наука. 1991. 144 с.
- Dwivedi S. N., Shukla T.N. Effect of seed treatment on seed mycoflora, germination plant stand and vigour of gram (*Cicer arietinum* L.). Pesticides. 1989. 23. N 2. С. 30–32.
- Jimenez-Diaz R.M., Trapero-Casas A. Use of fungicide treatments and host resistance to control the wilt and root rot complex of chickpeas. Plant Disease. 1985. 69. N7. P. 591–595.

Translation of Russian References

- Kotova V. V. Distribution and peculiarities of the parasitism of the fungus *Aphanomyces euteiches* Drechsl. / Mycology and Phytopathology, 1979, vol. 13, issue. 6. P. 485–488. (In Russian).
- Kurilova D.A. Fusarial soya and perspective strains (*Chaetomium* и *pseudomonas*) sov microbiologic defense of crop dissertation on the research science degree of candidate biological science. Sankt-Peterburgh. 2013. 24 p. (In Russian).
- Sveshnikova I.N. Cytogenetic genus *Vicia*. Moscow Edition. Science. 1979. P. 153. (In Russian).
- Chulkina V. A. Biological bases of epiphytology. Moscow Agropromizdat. 1991. 286 p. (In Russian).
- Yakovlev G.P. Legumes earth globe. L. Edition. Science. 1991. 144 p. (In Russian).

Plant Protection News, 2016, 4(90), p. 94–96

MAIN DISEASES OF CHICKPEA AND THEIR CONTROL AT DRY FARMING IN UZBEKISTAN

Zh. Kh. Rakhmanov

Uzbek institute of Plant Protection, Tashkent region, Qibray district, Uzbekistan

Chickpea is the main legume culture in Uzbekistan, being rich in the protein, used by human and animals. At dry farming conditions, the following diseases are the most important: *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum f.sp.ciceris*, *Ascochyta rabiei*, *Leveillula taurica f. ciceris*. The most common and harmful among the diseases of chickpea is the Fusarium wilt, which causes thinning of young crops due to seed and soil infection. The total distribution of infected plants varied in Farish (77.7%), Bakhmal (56.9%), Zaamin (48.7%) and Gallalar (37.5%) districts of the Jizzakh Region. The distribution of Fusarium wilt varied from 38.5 to 58.5% of plants depending on the conditions of districts. Seed treatment with fungicides reduced the loss of plants from 21.7% in the control to 7.7% (Hercules), 6.3 (Raxil New), and 3.9% (Vial Trast). Biological efficacy of seed treatments against Fusarium amounted to 52.8% (Hercules), 55.5% (Raxil New), and 72.2% (Vial Trast).

Keywords: chickpea; *Rhizoctonia solani*; *Fusarium oxysporum f.sp.ciceris*; *Ascochyta rabiei*; *Leveillula taurica f. ciceris*; protectant; biological efficiency.

Сведения об авторе

Узбекский научно-исследовательский институт защиты растений,
Ташкентская область, Кибрайский район, п/о Лимонария,
ул. Бобура, 4. 111215, Узбекистан
Рахманов Ж.Х. Старший научный сотрудник,
e-mail: jalilrahmanov76@mail.ru

Information about the author

Uzbek institute of Plant Protection, Tashkent region, Qibray district,
Limonariya, Bobur st., 4. 111215, Uzbekistan
Rakhmanov Zh. Kh. Senior researcher,
e-mail: jalilrahmanov76@mail.ru

ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА А.Ф. ЗУБКОВА (1938–2016)

[In memory of prof. A.F. Zubkov (1938–2016)]



20 июля 2016 года ушел из жизни Аркадий Федорович Зубков – человек преданный науке и Всероссийскому НИИ защиты растений. Здесь он проработал 54 года, стал доктором биологических наук, профессором, известным в нашей стране и за ее пределами ученым.

Родился он в Башкирии в обычной крестьянской семье. После окончания школы поступил в Омский сельскохозяйственный институт, где довольно быстро увлекся исследовательской деятельностью и активно проявил себя в работе научного студенческого общества. В это время появились его первые научные работы и стойкое желание трудиться на ниве науки. После окончания в 1960 г. института некоторое время работал старшим агрономом наблюдательного пункта по вредителям и болезням сельскохозяйственных растений в Омской области, позже – ассистентом на кафедре защиты растений Омского СХИ, а с 1962 г. – старшим научным сотрудником на Новосибирской станции ВИЗР. Здесь под руководством О.А. Иванова в течение 7 лет проводил исследования по проблеме повреждаемости сахарной свеклы вредителями в средней полосе Западной Сибири и разработке эффективных мер борьбы с ними. В результате для защиты этой культуры им был рекомендован один-единственный прием – предпосевная обработка семян фунгицидами и инсектицидами, позволивший эффективно бороться с основными вредителями и болезнями всходов. По данной теме в 1967 г. он защитил кандидатскую диссертацию, в которой были корректно применены основные методы статистической обработки данных. Этим фактом был обусловлен выбор оппонентов, одним из которых являлся широко известный в научных кругах А.А. Любищев. Его работы по количественной оценке роли вредных организмов в агроценозах А.Ф. Зубков считал непревзойденными. Любищев стал для него кумиром и наставником.

В 1968 г. А.Ф. Зубков переезжает в Ленинград и становится научным сотрудником лаборатории энтомологии Всесоюзного института защиты растений, которой руководила Т.Г. Григорьева, позже – лаборатории вредоносности насекомых и болезней, руководимой В.И. Танским. С 2003 по 2013 гг. он руководил лабораторией агробиоценологии, которая затем была преобразована в лабораторию интегрированной защиты растений.

В 1968–1970 гг. А.Ф. Зубков выдвигает гипотезу о формировании саморегулируемого агробиоценоза на площади большей, чем одно поле, а позже, в 1980-х годах на основе полевых исследований обосновывает концепцию формирования агробиогеоценоза – целостной агроэкосистемы ранга биогеоценоза с устойчивым биогеохимическим и добавочным агрономическим круговоротом вещества на территории как минимум полевого севооборота. Она была опубликована в центральных биологических журналах.

Одновременно с теоретическими А.Ф. Зубков активно занимался методологическими разработками количественной характеристики пространственной структуры агробиоценоза и биоценологических связей между его элементами. Им были предложены методики расчета трофической структуры агроценоза, позволившие установить идентичность экосистемного устройства далеко расположенных друг от друга полевых севооборотов Северо-Запада РФ и Западной Сибири, а также унифицированные методики сбора и статистической обработки полевого материала с постоянных замаркированных с весны учетных площадок с целью количественной характеристики биоценологических связей, оценки деятельности вредных организмов в формировании урожая с.-х. культур и энтомофагов в снижении численности фитофагов. По результатам исследований им был разработан новый раздел биоценологии – «Агробиоценологическая фитосанитарная

диагностика», написана одноименная монография (1995), защищена докторская диссертация (1996), издана книга «Агробиоценология» (2000).

Существенным вкладом в теоретическую агробиоценологию можно считать научное положение А.Ф. Зубкова об одновременном развитии живого в двух формах – видовой и экосистемной, опубликованное в журнале «Успехи современной биологии» (№3, 2005), и концепцию о саморегуляции агробиоценологических процессов, благодаря которым осуществляется функционирование с саморегуляцией агроэкосистем (Вестник защиты растений, 2007). Наряду с ранее разработанным им концепцией организационно-пространственной структуры агробиоценоза данная концепция функциональной организации агробиоценоза завершает в полной мере теоретические взгляды на экосистемное устройство сельской природы и методологию его изучения. Последнее особенно важно в связи с проблемой фитосанитарного оздоровления агроэкосистем.

Большое внимание он уделял распространению новых методов научных исследований в области защиты растений. За годы работы им было издано 15 методических пособий. В практическом плане предложено к внедрению в южной зоне Ставрополья разработанное уравнение комплексной вредоносности сорняков, вредителей и болезней на озимой пшенице. Методические разработки были внедрены в нескольких институтах защиты растений России, Польши, Вьетнама и Кубы. За успешное сотрудничество он был награжден медалью СРВ «Дружба».

А.Ф. Зубкова отличало стремление проводить комплексные биоценологические исследования при участии сотрудников других научных учреждений. В 1970–1980 гг. он координировал работу по изучению агробиоценозов на полигонах программированных урожаев институтов АФИ и СО ВАСХНИЛ. В период 2000–2010 гг. он являлся организатором и соисполнителем комплексных агробиоценологических исследований, проводимых на стационарах в НИИСХ ЦЧП им. В.В. Докучаева (Юго-Восток ЦЧЗ) и ВНИИМЗ (Центральная НЗ). По их итогам были получены новые данные о видовой, организационно-пространственной и функциональной структуре целостных севооборотных агроэкосистем, что, в свою очередь, позволило выделить природные и антропогенные факторы фитосанитарной устойчивости агроэкосистем и разработать подходы к их конструированию. Результаты исследований отражены в многочисленных статьях и монографиях в соавторстве с А.И. Лахидовым, А.Е. Родионовой, А.Б. Лаптиевым, А.М. Шпаневым, В.Н. Жуковым, С.В. Голубевым. Все они в разные годы являлись аспирантами и докторантами А.Ф. Зубкова.

В период 2010–2015 гг. А.Ф. Зубковым были обобщены разработки по концепции саморегулирования биоце-

нотических процессов в агроэкосистемах и модернизации защиты растений. Разработаны биоценологические предикторы модернизации защиты растений, которые включают фундаментальные, методологические, методические и практические рекомендации креативной (на агробиоценологическом уровне) модернизации защиты растений. Основные результаты этой работы отражены в серии статей, опубликованных в журнале «Вестник защиты растений» (2011–2012 гг.), и двух монографиях – «Биоценологические предикторы модернизации защиты растений» (2013 г.) и «Агробиоценологическая модернизация защиты растений» (2014 г.).

В 2015 г. к 80-летию агробиоценологических исследований, проводимых в нашей стране, А.Ф. Зубковым были подготовлены и изданы две монографии: «80 лет развития агробиоценологии в институте защиты растений» и «Агробиоценология на 80-м году своего развития и ее методологическая роль в естествознании агроэкосистем».

А.Ф. Зубков оставил после себя большое творческое наследие. Он являлся автором около 200 научных работ, в том числе 10 монографий и 20 брошюр. А.Ф. Зубков всегда активно участвовал в общественной жизни института: был председателем Совета молодых ученых ВИЗР, избирался в состав месткома, являлся членом редколлегии журнала «Вестник защиты растений», членом ученого и диссертационного советов ВИЗР. Велик его вклад в развитии научной школы агробиоценологических исследований ВИЗР, которые в разное время проводились Г.Я. Бей-Биенко, Т.Г. Григорьевой, В.И. Танским и другими учеными института. Им подготовлен и издан учебный курс «Агробиоценология» (2005). Под его руководством были подготовлены и успешно защищены 3 докторские и 4 кандидатские диссертации.

А.Ф. Зубкова отличало удивительное трудолюбие и целеустремленность. Он не мыслил своей жизни без работы, которой посвящал не только трудовые будни, но и выходные и праздничные дни. Его не могли остановить даже серьезные проблемы со здоровьем. Он был очень добродушный человек, несмотря на свою занятость, всегда старался помочь другим людям не только словом, но и делом. В рабочем коллективе он пользовался большим уважением, у него было много друзей. А.Ф. Зубков обладал широким кругозором, активной жизненной позицией, в отличие от многих руководителей не боялся предоставлять творческую свободу своим ученикам и подчиненным. Он не заботился о признании, предпочитая просто доброту делать свое дело. Никогда не упускал случая благодарить людей, с которыми посчастливилось работать, а также многочисленных критиков, в спорах с которыми утверждалось желание продолжать трудиться. Светлая память о нем навсегда сохранится в сердцах его коллег и сослуживцев, дело его будет жить и развиваться в трудах его учеников и последователей.

Коллектив ВИЗР

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

В “Вестнике защиты растений” публикуются результаты оригинальных исследований, теоретические обзоры, прикладные работы, дискуссии и рецензии работ по биологическим проблемам, имеющим отношение к защите растений.

Журнал пропагандирует современные методы защиты растений, включая методы создания устойчивых сортов растений и биосредства борьбы с вредными объектами; фитосанитарный мониторинг агроэкосистем, их агробиоценологическую диагностику и моделирование идущих в них процессов; технологию, экономику и экологическую безопасность применения средств защиты растений.

Фиксированные разделы журнала: 1) полные статьи, 2) краткие сообщения, 3) дискуссия, 4) хроника. Периодичность выхода журнала 4 раза в год.

Требования к оформлению рукописи

Рукопись на русском или английском языке объемом до 12 страниц формата А4 представляется в виде документа Microsoft Word в качестве приложения к письму по адресу vestnik@vizr.spb.ru. Одновременно редакции должен быть выслан один экземпляр распечатки рукописи, подписанный всеми ее авторами.

В рукописи следует использовать только стиль абзаца “Обычный”, не использовать стили для форматирования символов. Дробная часть числа отделяется точкой. Размер шрифта основного текста 12 пунктов, в таблицах, подписях к рисункам и списке литературы – 9 пунктов. Межстрочный интервал – одинарный. Ориентация страницы “книжная”. Шрифт Times New Roman, допустимо использовать Arial в иллюстрациях и Symbol для набора греческих букв.

В 1-м абзаце приводится УДК. Во 2-м абзаце должно быть указано название статьи (1–3 строки **в нормальном регистре**), в 3-м – инициалы и фамилии авторов (а), в 4-м – наименование и электронный адрес организации, город, страна, в 5-м размещается структурированный **Реферат**. Название статьи в нем не повторяется, текст на абзацы не разбивается. Структура реферата кратко отражает структуру работы. Вводная часть минимальна. Место исследования уточняется до области (края). Изложение результатов содержит конкретные сведения (выводы, рекомендации и т.п.). Допускается введение сокращений в пределах реферата (понятие из 2–3 слов заменяется на аббревиатуру из соответствующего количества букв, в 1-й раз дается полностью, сокращение – в скобках, далее используется только сокращение). Избегайте использования вводных слов и оборотов! Не нужно подчеркивать личный вклад автора! Числительные, если не являются первым словом, передаются цифрами. Нельзя использовать аббревиатуры (например, названий учреждений) без расшифровки и сложные элементы форматирования (например, верхние и нижние индексы). Категорически не допускаются вставки через меню «Символ», знак разрыва строки, знак мягкого переноса, автоматический перенос слов. Все русские аббревиатуры передаются в расшифрованном виде, если у них нет устойчивых аналогов в англ. яз. (допускается: WTO – WTO, ФАО – FAO и т.п.) В 6-м абзаце – до 8 ключевых слов или словосочетаний, не входящих в название статьи.

Иллюстрации, таблицы и подписи к ним размещают в тексте, непосредственно после абзаца с первой ссылкой на них. Обычный размер рисунка 6Х8.6 см, ширина таблицы – 8.6 либо 17.8 см. Диаграммы и графики строятся без использования цветных элементов, стандартными средствами Microsoft Word, либо (предпочтительно) в программе Microsoft Excel (в этом случае необходимо пре-

доставить дополнительные файлы (.xls) с оригиналами). Они должны оставаться доступными для редактирования. Растровые изображения (фотографии, рисунки), помимо размещения в тексте статьи, предоставляются в виде отдельных файлов в формате TIF или JPEG (максимального качества), в черно-белом (Grayscale) исполнении, с разрешением не менее 300 точек на дюйм (dpi). Рисунки не должны дублировать содержание таблиц.

Формулы строятся в стандартном редакторе формул Microsoft Word, либо предоставляются в виде черно-белых растровых изображений с разрешением не менее 600 dpi.

Латинские названия видов приводят полностью при первом их упоминании в тексте с указанием автора вида, повторно – в сокращенной форме. Следует придерживаться современной номенклатуры.

Примерный план статьи: краткое вступление, методика исследований, результаты исследований, обсуждение или выводы, библиографический список. В кратком сообщении выделение разделов необязательно.

В ГОСТ Р 7.0.5-2008 введены новые правила: ссылки (отсылки) на издание, включенное в библиографический список следует приводить **только в квадратных скобках**. В них проставляют первые слова библиографического описания и год издания: [Петров, 2000], [Сидоров и др., 2005]. Внутритекстовые ссылки применяются в тех случаях, когда сведения об анализируемом источнике невозможно перевести в библиографический список или они являются частью основного текста. Их заключают в круглые скобки и приводят непосредственно в строке после текста, к которому они относятся. Например: *Бердяев с горечью пишет, что “старая Европа изменила своему прошлому, отреклась от него” (Смысл истории. М., 1990. С. 166).*

Все ссылки должны быть оформлены единообразно: только с точкой, без тире между частями описания. Для книг указывается издательство. Электронный документ и дата обращения к документу приводятся всегда.

Примеры оформления в списке литературы статей из журналов и периодических сборников по ГОСТ Р 7.0.5-2008:

Боков В.К. Причины кризиса экономической модели США / В.К. Боков // РБК. 2014. N 4. С. 15–20.

Вагнер А.И. Правовые конструкции в экологическом праве / А.И. Вагнер, О.И. Кох, И.И. Иванов // Экологическое право. 2008. N 3. С. 4–12.

Статья из неперiodического сборника:

Любомилова Г.В. Определение алюминия в тантапониобиевых минералах / Г.В. Любомилова, А.Д. Миллер // Новые метод. исслед. по анализу редкоземельн. минералов, руд и горн. пород. М.: 1970. С. 90–93.

Электронный документ:

Бердяев Н.А. Смысл истории. [Электронный ресурс]: Библиотека Якова Кротова. URL: http://krotov.info/library/02_b/berdyayev/1923_019_4.htm (дата обращения: 18.02.2014).

Статьи из продолжающихся или многотомных изданий, книги, авторефераты диссертаций, аналитические обзоры, патенты, электронные издания и документы также оформляются по ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Сокращение отдельных слов и словосочетаний применяются для всех элементов библиографической записи, за исключением основного заглавия документа. Слова и словосочетания сокращают по ГОСТ 7.11 и ГОСТ 7.12.

В журнале применяется алфавитный способ составления библиографического списка (без нумерации), сначала на кириллице, затем – на латинице.

После основного списка литературы приводят список всех цитируемых работ на кириллице в переводе на английский язык (названия журналов и издательств транслитерируют, место издания не сокращают). Транслитерация на латинице (формат BGN), сайт www.translit.ru. Например, Ivanov I.I. Title of the paper. Nazvanie zhurnala. 1995. V. 47. N 5. P. 20–32 (In Russian); Ivanov I.I. Title of the book. Moscow. Nauka. 1995. 320 p. (In Russian).

Количество приставочных библиографических ссылок должно быть не более 5–7 – для кратких сообщений, порядка 15–20 – для экспериментальных работ, и не превышать 20% основного текста – для обзорных статей.

В конце рукописи дается реферат на английском языке, включающий название статьи, фамилии авторов, ме-

сто работы, текст объемом порядка 100 слов для кратких сообщений, 200–250 слов – для полных статей, ключевые слова. Недопустимо использование машинного перевода Реферата на английский язык!!!

В завершение на русском и английском языках приводятся ученая степень и звание авторов, должности, почтовый адрес, тел/факс организации, личные e-mail.

При направлении рукописи прилагаются разрешительные документы организации. Внешняя рецензия доктора или кандидата наук по направлению НИР желательна (в сканированном виде). Рецензент / рекомендатель указывает о себе необходимые данные.

Авторы гарантируют, что ранее рукопись не публиковалась, в ней отсутствует плагиат и иные формы неправомерного заимствования данных, а при заимствованиях текста, таблиц, схем, иллюстраций – они надлежаще оформлены. Автор(ы) несет ответственность за точность приведенных фактов, цитат, статистических данных и иных сведений.

Заверенные и завизированные руководителем персональные рукописи аспирантов рассматриваются вне очереди. Плата за публикацию не взимается. Рукописи статей не возвращаются.

Авторам, указавшим e-mail, высылается pdf-файл статьи.

Рукописи статей, написанных в форме отчетов и оформленные не по ГОСТ Р 7.05-2008, не принимаются. По всем возникающим вопросам обращайтесь через электронную почту по адресу vestnik@vizr.spb.ru.

Научное издание.

Индекс 36189

Подписано к печати 28 ноября 2016 г.